+9.5) 151
c✓

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

LIBRARY
OF THE
AMERICAN MUSEUM
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06(49.3)B1
c.1

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XX — 20 JUILLET 1911

(TRENTE-CINQUIÈME ANNÉE ; TOME LXX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1911

22-88521 June 27

LA

PSYCHOLOGIE DU SPÉCIALISTE [1]

Les exigences de la vie sociale aussi bien que les tendances de notre nature individuelle nous imposent la spécialisation. Virgile nous rappelle que « non omnia possumus omnes » ; et l'examen le plus superficiel suffit pour nous apprendre qu'un des moyens les plus sûrs de ne rien faire de bon, c'est de vouloir tout faire.

Si cette nécessité s'imposait dès l'abord en vertu de nos pouvoirs individuels, si l'on naissait homme d'action ou intellectuel, juriste, médecin, technicien ou philosophe, il n'y aurait peut-être pas lieu de faire la psychologie du spécialiste. Mais c'est là une situation que nous ne nous représentons guère, parce que les faits ne nous en fournissent aucune donnée. Malgré nos différences individuelles parfois très profondes, nous sommes tous en possession de la nature humaine, de *toute* la nature humaine ; nous avons tous les mêmes intérêts supérieurs, les mêmes destinées ; notre spécialité n'est qu'un moyen : réaliser une vie humaine est notre but. Dès lors on peut se demander quels sont les effets de la spécialisation dans cette nature totale qui semble vouloir embrasser la totalité du réel,

(1) Conférence donnée à l'Assemblée générale de la *Société scientifique*, à Bruxelles, le mercredi 26 avril 1911.

et dans notre personnalité qui demande, qui exige de rester pleinement humaine, et qui n'en doit pas moins concentrer toutes ses énergies sur une spécialité. C'est avant tout ce conflit entre l'ampleur de notre nature et les restrictions de notre activité réelle, entre la diversité de nos pouvoirs, de nos tendances, de nos intérêts, et les entraves étroites qui encerclent nos intelligences de spécialistes, qui fait surgir devant l'esprit de ces spécialistes qui sont les psychologues, ce problème captivant et éminemment pratique : la psychologie du spécialiste.

S'il fallait l'examiner dans toute son étendue, nos considérations resteraient si vagues qu'elles en deviendraient inutiles. Précisons, par conséquent élaguons beaucoup.

Le spécialiste — je ne joue pas sur les mots — est un homme spécial, un homme qui n'est plus général, qui ne mène plus la vie humaine en général, qui, à ses activités naturelles, met des bornes. Il va sans dire que ce n'est pas pour le plaisir de restreindre qu'on sacrifie ainsi une portion de son être, une partie de ses activités naturelles. Cette fantaisie serait aussi absurde qu'illégitime. On ne sacrifie que pour gagner ; on ne restreint que pour enrichir et intensifier. Il en est de la spécialisation comme de l'attention. Lorsque nous voulons être attentifs à un objet, nous écartons du champ de notre conscience toutes les préoccupations étrangères, tous les autres objets, toutes les causes de distraction. L'attention, par cet aspect négatif, nous diminue mentalement, paraît appauvrir notre vie consciente ; mais c'est manifestement pour enrichir le concept de l'objet qui nous intéresse en ce moment, pour vivre plus intensément par la concentration. La spécialisation est comme une attention, non d'un moment, mais de la vie tout entière. Et comme l'attention s'empare transitoirement de toute notre personne,

de notre corps comme de notre âme, la spécialité s'empare de notre vie et la caractérise.

Avant tout s'impose, à ce point de vue, la distinction entre les hommes d'action, « rebus agendis nati », et les intellectuels. Des premiers je ne m'occupe pas en ce moment. Non que leur psychologie manque d'intérêt. N'y eût-il que ce mépris instinctif et séculaire des hommes d'œuvres pour les rats de bibliothèque ou de laboratoire ; n'y eût-il que la charge d'Aristophane contre le philosophoir de Socrate, charge que sous une forme plus ou moins spirituelle nous avons tous entendue et subie, qu'il y aurait là un sujet d'analyse des plus importants. Mais je m'en abstiens, parce que tout d'abord je n'ai pas pu pénétrer bien avant dans cette psychologie de l'homme d'œuvre, vu que je n'en trouve guère dans mon entourage habituel ; et ensuite parce que la Société scientifique me saura gré, je crois, de fixer mon attention sur les spécialistes intellectuels. Que l'homme d'œuvre, si l'un d'entre eux me fait l'honneur de lire ces pages, ne s'offense point de se voir négligé. Si je ne dis rien de sa classe, il trouvera là la meilleure occasion possible de supposer que j'en pense beaucoup de bien.

Ne considérons donc que l'intellectuel, et l'intellectuel spécialiste, c'est-à-dire efforçons-nous d'esquisser à larges traits la psychologie de l'homme qui, en vue d'une plus grande pénétration et d'une plus grande fécondité intellectuelle, fait converger ses efforts vers une portion du savoir humain ; qui, en d'autres termes, n'applique son intelligence qu'à une portion limitée, déterminée du réel, pour la mieux connaître et la mieux explorer.

Nous supposons d'ailleurs qu'il s'agisse d'une spécialisation fructueuse, c'est-à-dire que notre spécialiste ne soit pas un simple appareil et un produit d'assimilation, mais qu'il vive d'une vie intellectuelle complète : que

non seulement il accapare mais livre et produise, qu'il soit dans une certaine mesure un initiateur.

Nous restreignons ainsi très sensiblement notre sujet qui en devient d'autant plus précis. Une restriction encore. La spécialisation la plus intense laisse toujours subsister, mises à part les opérations scientifiques spécialisées, les activités foncières de la nature humaine. Or celles-ci — les manifestations affectives, les attitudes et les initiatives de la vie pratique — subissent l'influence de la spécialisation, et il serait impossible de les négliger dans une psychologie complète du spécialiste. Nous n'en dirons rien cependant, ne fût-ce que pour ne pas appuyer trop cruellement sur nos travers et nos bizarreries : nous ne ferons que la psychologie de l'intelligence spécialisée. C'est la seule qui nous intéresse personnellement ; nos maladresses et nos ridicules n'intéressent que les autres.

Il ne s'agira dès lors que de l'intelligence de l'intellectuel spécialiste, et nous aurons surtout en vue, lorsque nous devrons préciser par quelque exemple, les sciences de la nature ou, au moins, les sciences d'observation.

C'est de cette intelligence-là qu'il nous faut faire la psychologie différentielle. Mais on peut m'arrêter dès le début et réclamer des éclaircissements. Que faut-il entendre par faire la psychologie ? Je ne vous étonnerais guère en disant que la psychologie purement empirique, malgré toutes les justifications construites à priori, me paraît une impossibilité. La nature des choses n'a pas tardé de détruire les attitudes artificielles et les partis-pris doctrinaux : les empiristes les plus décidés, lorsqu'ils embrassent tout le domaine de la psychologie, finissent toujours par philosopher. Les faits psychiques plongent des racines trop profondes dans notre personnalité, ils forment trop manifestement la trame et la chaîne de notre vie réelle pour que les

problèmes derniers sur notre nature et notre existence ne s'imposent pas à l'examen, pour que d'autre part ces problèmes, qui s'imposent à tout homme intégral, puissent être détachés des faits psychiques. La psychologie restera donc nécessairement fragmentaire, ou elle complètera ses acquisitions empiriques par la philosophie.

Mais il ne s'agit pas de spéculation philosophique. La constatation des faits nous intéresse seule en ce moment, et nous avons d'autant plus de droit de nous y tenir que ces faits ne modifient en rien les conclusions générales de la philosophie traditionnelle.

Mais la psychologie des faits peut-elle être purement descriptive, comme on l'a prétendu, comme on le prétend surtout dans cette science si voisine de la psychologie et qui en est toujours, je crois, à chercher sa voie, la sociologie générale ? En psychologie, surtout lorsqu'elle applique ses ressources à l'examen d'un fait complexe, la pure description ne peut être que de la littérature, de l'art réaliste, rien de plus. Elle est à la science psychologique, ce qu'un paysage consciencieusement peint est à la géologie, qui explique les ondulations du terrain, et à la botanique qui interprète sa couverture végétale. La psychologie même empirique sera explicative ou elle ne sera pas scientifique. Comme les autres sciences de la nature ne se contentent pas de décrire les faits, mais prétendent établir leurs connexions causales, leurs consécutions stables, prétendent les expliquer en les ramenant à des faits et des lois préalablement établis, ainsi la psychologie ne peut complètement saisir un phénomène complexe ou nouveau qu'en le décrivant d'abord et en l'interprétant ensuite par l'analyse et la réduction aux lois connues de la psychologie générale. C'est donc ainsi que nous procéderons.

La spécialisation n'est pas un acte psychique, c'est

un état du sujet. Certes nous ne pouvons en juger que par les phénomènes qui en résultent, mais ces phénomènes ne sont toujours que des résultats d'une cause plus profonde ; si donc nous voulons atteindre la spécialisation en elle-même, nous devons descendre parfois dans cette région assez ténébreuse que les psychologues ont l'habitude de désigner sous le nom de « subconscience ». Personne n'ignore l'outrageux abus que certaines doctrines philosophiques et certaines théories religieuses ont fait de ce mot. Mais qu'on ne s'en effraie point. Aucune théorie ne se dissimule, pour le psychologue, sous le nom de « subconscience ». Dans le sens où nous le prenons, la subconscience n'est pas une théorie, mais un fait, partiellement connu de tout temps puisqu'il comprend sous son envergure des réalités aussi banales que la science acquise et les habitudes.

Nous examinerons donc successivement, mais d'une manière très expéditive : I. La genèse et la nature du spécialiste ; II. Les avantages intellectuels de la spécialisation ; III. Les inconvénients, toujours au point de vue intellectuel, de la spécialisation ; IV. Enfin, nous plaçant au point de vue pratique, nous indiquerons quelques remèdes à ces inconvénients, quelques moyens de conserver, sous la spécialisation, l'intégrité de notre nature humaine.

I

NATURE ET GENÈSE DU SPÉCIALISTE

Comment devient-on spécialiste? Évidemment en choisissant une spécialité; et l'on sait que ce choix ne dépend pas uniquement de motifs subjectifs, d'ordre psychique. Mais il s'agit de savoir si, toutes les raisons occasionnelles étant écartées, nous naissons spécia-

listes; si nous avons, dans notre nature individuelle, une disposition qui nous prédestine à telle ou telle spécialité intellectuelle.

Il serait singulièrement naïf de prétendre que les différences individuelles correspondent exactement à nos divisions méthodiques et que les mentalités se particularisent à mesure que nous pulvérisons le connaissable et spécialisons les connaissances. Mais à prendre les choses en gros, à considérer non les différentes spécialités mais les différents types de spécialités scientifiques, il n'est point douteux que par nature nous sommes rudimentairement spécialisés. Le fait des dispositions individuelles n'échappe à personne, bien que très fréquemment on tombe à ce sujet dans des illusions grossières qui préparent d'amères déceptions. Efforçons-nous de saisir le fait d'une manière plus précise en mettant au jour sa raison psychologique.

Tous nous avons traversé une période assez pénible dans notre vie intellectuelle, période qui peut présenter des dangers réels. Je suis extrêmement sceptique sur les intelligences très asymétriques. Un jeune homme qui a la bosse des mathématiques, par exemple, n'est généralement pas absolument inférieur dans les branches littéraires. La capacité, au moins celle qui se soutient jusque dans les études supérieures, à quelques rares exceptions près, semble monter et descendre presque d'une pièce. Il peut y avoir quelque faiblesse partielle, mais en général elle ne tient pas exclusivement à un manque de capacité. A prendre les choses dans leur ensemble, si les professeurs enseignant les différentes branches de l'instruction primaire et secondaire étaient invités à ranger des élèves déterminés en bons, médiocres et mauvais, malgré la diversité de leurs préoccupations, leurs classifications coïncideraient, ou à peu près.

Nous sommes donc, au début, en possession d'une

nature complète qui étend nos intérêts à la totalité du réel. Nous voulons être tout, nous voulons tout devenir. Qui d'entre nous, pouvant faire revivre les rêves et les rêveries de son adolescence et de sa première jeunesse, ne constatera pas que nous portions en nous les aspirations et l'héroïsme de tous les grands hommes de l'histoire ? Nous voulions tout connaître, tout faire, tout créer. Nous étions à la fois, au moins par le désir, conquérant, philosophe, naturaliste, poète — poète surtout, hélas ! — et lorsque les implacables exigences de la vie et de la force des circonstances nous ont enfin poussés dans une voie précise, lorsqu'elles nous ont mis en demeure de faire quelque chose en sacrifiant tout le reste, nous avons senti comme une compression de notre nature, comme une inhibition de certaines facultés, comme une diminution de notre personne, qui d'ailleurs se vengeait périodiquement par des papillonnages dans les champs prohibés, autant d'escapades qui mettaient en péril nos succès de spécialiste et faisaient fonctionner douloureusement notre conscience.

J'insiste sur ce fait pour écarter toute méprise et toute exagération : nos possibilités et nos intérêts, au début, débordent au loin sur la spécialité étroite dans laquelle nous avons emprisonné nos efforts. Et cependant, même lorsqu'on écarte ces tendances souvent trompeuses de l'enfance, qui manifestent surtout le besoin du jeu et de l'activité dans le vide, nous avons par nature certaines modalités intellectuelles qui nous prédisposent à certaines spécialités.

Pour nous en convaincre prenons le spécialiste déjà constitué, et faisons appel à nos souvenirs d'étudiants. J'ai présente à la mémoire la figure d'un de mes maîtres vénérés. Il était professeur hors ligne, possédait une puissance d'assimilation merveilleuse, une intelligence d'une parfaite clarté et d'une très suffisante pénétration, et il mettait au travail une persévé-

rance et un esprit de méthode, au moins pendant une longue période de sa vie, que jamais je n'ai vu surpasser. Il apprenait toujours, il regardait sans cesse; jamais il n'a vu que ce que d'autres lui montraient. Pour lui et pour les initiateurs les conditions objectives étaient absolument identiques : les mêmes pièces, les mêmes instruments, les mêmes procédés techniques; et subjectivement il apportait au travail une application plus soutenue que personne. Il regardait toujours; il ne voyait jamais. Je parle d'une personne concrète qui a droit à toute ma reconnaissance et à tout mon respect; mais plusieurs d'entre vous doivent avoir présent à l'esprit le nom de quelques spécialistes de ce genre, prodigieusement renseignés, merveilleusement utiles dans l'enseignement, mais comme observateurs absolument stériles. Ils constituent une classe, un vrai type mental.

Il serait assez naturel de croire, à priori, que cette stérilité était due à un manque d'intelligence. On peut avoir de bons yeux, de la mémoire et de l'application, sans avoir pour autant une capacité intellectuelle très développée. Mais on ne procède pas à priori en ces matières et l'observation nous apprend que l'hypothèse de l'infériorité intellectuelle est inexacte.

N'oublions pas d'ailleurs que les doctrines directrices des plus grandes découvertes positives sont généralement d'une extrême simplicité; tout le monde peut sans grand effort les comprendre pleinement. Rappelons-nous, par exemple, le raisonnement qui sert de base intellectuelle à la découverte la plus retentissante de Pasteur. Les données de la logique la plus élémentaire nous les livrent intégralement. En outre, il ne s'agit pas ici de concevoir et de comprendre; mais de regarder, de remarquer, de voir. Pourquoi de deux hommes instruits, regardant le même objet, l'un voit-il alors que l'autre n'observe rien?

On peut supposer encore que le hasard joue un rôle considérable dans les découvertes positives. C'est vrai, peut-être. Mais le hasard n'est certainement pas tout. Les faveurs du hasard sont aussi inconstantes que celles de l'antique fortune. Or tel savant observe sans cesse et enregistre parfois une très longue série de découvertes personnelles, alors que tel autre travaille, pioche, se tue et ne sait jamais que ce qu'ont trouvé les autres.

Il ne peut donc y avoir le moindre doute, il faut chercher la cause de cet étrange phénomène dans une disposition subjective. L'un est observateur, l'autre ne l'est point, et comme nous avons constaté cette différence chez des personnes déjà spécialisées, comme la spécialisation et l'exercice sont évidemment de nature à augmenter l'adresse et la fécondité, il faut bien admettre qu'il s'agit d'une disposition foncière, congénitale, que l'exercice peut augmenter mais qu'il ne peut guère engendrer. Il est donc intéressant d'explorer dans la mesure du possible cette disposition primaire, de déterminer sa nature et son fonctionnement.

S'il est une vérité acquise en psychologie, c'est qu'entre voir ou sentir, remarquer ou observer, il y a un abîme. L'observation est une perception, une reconnaissance élémentaire, et dans ce fait se constate tout ce qui la sépare de la simple sensation. La perception envisagée dans son objet contient beaucoup plus et beaucoup moins que la sensation brute. Celle-ci n'est que la réaction vitale, psychique de l'organe des sens sous l'action physique de la qualité sensible ; elle contient donc objectivement tout ce qui dans un ordre donné peut ainsi agir et provoquer ou occasionner cette réaction. La perception opère, dans le fouillis du réel senti, des coupes larges et électives. On ne perçoit pas tout : on perçoit quelque chose dans le tout ; et si l'on

peut s'attendre à mieux percevoir ce quelque chose, il en résulte dans tous les cas qu'on perçoit moins qu'on ne sent, que la perception est à ce titre plus pauvre que la sensation.

Hâtons-nous de dire qu'à d'autres égards elle est beaucoup plus riche. La perception extérieure n'est pas uniquement le fait des sens externes. Ce qui est perçu n'est pas la couleur, le son, la température, la cohésion, mais l'objet qui est le siège de toutes ces qualités sensibles. Nous percevons la chose, nous percevons qu'elle est telle, nous la reconnaissons ; et ce fait suppose évidemment que nous ayons au préalable une certaine connaissance de l'objet. Cette connaissance, que sans inconvénient et sans rien préjuger nous pouvons appeler une image, est mise en œuvre dans la perception. Celle-ci contient donc, outre une portion choisie de la sensation, des images subjectives, et leur rôle peut devenir si énorme qu'elles se substituent complètement aux données des sens et font aboutir certains sujets à la suggestion ou à l'auto-suggestion hallucinatoires. On rencontre souvent chez les personnes non initiées aux éléments de la psychologie, un étrange scepticisme vis-à-vis de cette assertion : il leur semble toujours que leurs images acquises n'ont rien à faire avec ce qu'elles voient de leurs yeux et entendent de leurs oreilles, et elles prétendent bien exclure par là tout apport subjectif de la perception sensible. C'est une erreur cependant. Ce que nous voyons, nous le voyons assurément ; sainement comprise, l'objectivité des sens est indiscutable, mais ce que nous percevons n'est pas uniquement ce que nous voyons. Nous ne pouvons pas nous arrêter à l'établir : la doctrine est classique, et nous devons supposer comme acquis que, pour percevoir, il faut être en possession de quelques images qui se projettent dans la sensation et s'y mêlent d'une manière si intime que,

dans la perception globale, nous ne pouvons isoler le senti de tout le reste que d'une manière indirecte, par un contrôle ultérieur.

Et par là-même nous pouvons deviner quelle portion du senti sera perçue : c'est celle qui est en rapport — rapport souvent indéterminable — avec les images ou, en général, avec les éléments subjectifs actuellement mis en œuvre par le sujet. Il faut pour percevoir être dans une certaine disposition, dans une certaine attitude psychique. Il faut que nous soyons d'une certaine manière adaptés à l'objet ; et nous ne percevons que l'objet pour lequel existe cette adaptation préalable.

Un rapprochement très suggestif se fera ici naturellement dans l'esprit de tous ceux qui se sont livrés à des recherches originales. Personne n'ignore que dans toute investigation méthodique on est guidé par une hypothèse directrice. « On ne cherche avec fruit, et l'on ne comprend ce qu'on trouve, que lorsqu'on sait, au préalable, ce qu'on cherche. » Il faut donc savoir déjà ce qu'on s'efforce d'apprendre : il faut, au moins d'une manière approchée, se représenter ce qu'on n'a jamais vu. Le fait qui nous occupe en ce moment n'est certes pas identique à l'hypothèse de recherche : on ne se représente pas au préalable, dans une image consciente, ce qu'on perçoit dans la suite. Mais il y a cependant une analogie : même pour l'acte simple et élémentaire d'une perception, il faut une disposition mentale préalable. Si on veut la caractériser d'image, il ne peut s'agir que d'une image « subconsciente » — ce qui implique toujours des hypothèses un peu paradoxales. Mais encore une fois il y a quelque chose : nous ne percevons que ce que nous sommes préparés à percevoir.

Qu'est-ce qui nous y prépare ? La sensation, évidemment, pour une très large part ; et c'est même ce qui amène des confusions chez les profanes entre la sensa-

tion et la perception. Mais cette constatation ne fait que reculer la question et préciser le problème. Le réel, infiniment complexe mais identique pour tous, évoque chez un sujet la disposition nécessaire pour telle perception, et chez l'autre la disposition, l'attitude mentale pour une perception toute différente. En dernière analyse, nous revenons donc à une disposition subjective. D'une manière ou d'une autre elle doit avoir un rapport à l'objet perçu, puisque c'est elle qui explique la différence des objets perçus. C'est donc elle qui est la cause de la stérilité de certains efforts scientifiques : le sujet, dans la complexité du réel, ne parvient pas à saisir l'objet spécifiquement scientifique, celui qui constituerait la découverte ou l'initiative féconde, parce qu'il n'est pas en possession de la structure mentale, de l'attitude psychique qui le ferait percevoir.

Nous pouvons encore faire un pas en avant. Cette attitude, cette disposition utile doit être un arrangement spécial de certains objets perçus ou sentis auparavant. Il s'agit, en effet, d'expliquer pourquoi telle portion d'objet est choisie et complétée par les images subjectives qui la font reconnaître. Il est donc infiniment probable que c'est précisément ce complexus d'images, évoqué incomplètement ou au moins mis en jeu par une première sensation brute, qui existe chez un sujet et fait défaut chez l'autre, qui permet une perception déterminée, et notamment l'observation scientifique fructueuse.

Dès que nos sens s'ouvrent aux actions de notre entourage, nous accumulons sans cesse d'innombrables éléments psychiques. Sans restriction, on peut dire que rien ne se perd ; et s'il est aussi faux que paradoxal de dire que nous n'oublions rien, il est certain cependant que rien de nos acquisitions psychiques, même de celles qui n'ont jamais été pleinement conscientes, ne se détruit. Nous sommes ainsi en possession de réserves

immenses qui peut-être ne seront jamais mises au jour, mais qui exercent l'influence la plus profonde sur nos tendances, nos actes, nos appréciations, nos jugements, sur toute notre attitude mentale et notre vie consciente. Les questions se pressent au sujet de cet inconscient psychique, de cette conscience virtuelle, de cette subconscience ou conscience subliminale, de cette préconscience, de cette coconscience. Écartons-les toutes pour nous tenir sur le terrain des faits, et pour constater que les éléments accumulés, même lorsqu'ils échappent à notre conscience actuelle, ne sont pas inertes. Ils agissent les uns sur les autres à notre insu ; ils s'agencent en structures plus ou moins compliquées, dont plusieurs un jour émergeront de la subconscience, où elles sont plongées, comme une hypothèse nouvelle, une création artistique, ou bien resteront sur les limites flottantes de la conscience vive et de la subconscience pour diriger et compléter nos perceptions.

C'est là, dans ces structures subliminales, dans la manière dont s'agencent subconsciemment tous les facteurs psychiques qui s'accumulent dans le tréfonds de notre être, que se trouve la dernière raison que nous puissions déterminer pour la diversité des esprits et des aptitudes. On conçoit, en effet, que lorsque les éléments latents s'agencent en combinaisons nouvelles sans se morceler, et se présentent brusquement comme un second univers, comme une création personnelle, devant le regard de la conscience vive, le sujet aura le tempérament artistique. Si, au contraire, dans l'ombre épaisse de la conscience virtuelle, les réalités recueillies se débitent en éléments plus simples qui s'agrègent suivant les lois de l'association, de manière à constituer un aspect plus ou moins répandu dans les êtres de la nature, et de l'isoler de tout le reste qui le noie et le défigure, nous aurons le tempérament de l'observateur, du naturaliste qui, en raison même de sa mentalité, pourra percevoir

dans le complexus de la nature ces coupes opportunes et explicatives qui s'appellent les faits et les lois scientifiques. Lorsqu'enfin les réalités livrent par un procédé analogue leurs points de contact les plus universels et les plus profonds, lorsqu'en outre les concepts ainsi élaborés sont creusés jusqu'à leurs rapports les plus mystérieux et leurs unités les plus foncières, lorsqu'enfin le réel est saisi — toujours en raison des structures profondes, spontanées — dans sa totalité et éclairé par les acquisitions les plus universelles, nous nous trouverons en face du tempérament philosophique.

Ainsi donc nous naissons plus ou moins spécialistes parce que les éléments réels qui sans cesse nous entrent dans l'âme par tous les pores de notre être, prennent à notre insu des agencements spontanés et différentiels. Nous n'abordons pas le monde avec une âme identique, et c'est pourquoi nous ne percevons pas utilement dans la réalité complexe les mêmes aspects. Et parce que nous n'acquérons pas cette faculté d'arrangement spécial, parce qu'elle échappe à toutes nos initiatives volontaires, force nous est de considérer cette disposition comme congénitale.

Nous avons constaté quelle est la raison profonde, psychologique, de la spécialisation ; et nous avons répondu à la question posée ci-dessus : naissons-nous spécialistes ? Mais il importe d'ajouter immédiatement que si nous sommes spécialistes dans une certaine mesure dès notre berceau, si nous ne semblons pas pouvoir nous faire à volonté poètes, naturalistes, mathématiciens ou philosophes, il est certain cependant qu'à ce point de vue nous pouvons développer, et dans des proportions énormes, les dons de la nature. Ce qui le montre — pour en revenir à notre exemple de l'observateur naturaliste — c'est l'extrême habileté que l'on peut acquérir dans l'observation. Mais c'est déjà là un des avantages de la spécialisation, dont il nous faut dire quelques mots.

II

LES AVANTAGES DE LA SPÉCIALISATION

De ces avantages nous ne dirons que quelques mots, en effet, parce que tout le monde les connaît parfaitement. Nous pouvons nous contenter de quelques brèves indications et d'un rapide schéma d'explication psychologique.

Ne mentionnons qu'en passant l'avantage fondamental qui s'impose au moins clairvoyant : on se spécialise pour mieux savoir ce qu'on veut étudier. Il serait naïf d'insister et de rappeler les résultats superbes de la spécialisation que l'histoire des sciences a enregistrés et enregistre tous les jours. On peut affirmer sans crainte d'exagération que, mis à part quelques coups heureux qui ont plutôt les allures d'hypothèses fécondes que de découvertes positives, tous les progrès actuels reconnaissent, comme cause subjective au moins partielle, la spécialisation. La comparaison qui nous a servi tout à l'heure conserve ici toute son utilité : la spécialisation est une attention permanente embrassant toute notre vie intellectuelle ; et de même qu'on ne voit vraiment, fructueusement, efficacement, que ce qui fixe notre attention, ainsi nous n'avons quelque espoir d'explorer et de connaître à fond une partie quelconque du réel qu'en nous y spécialisant.

Encore une fois, il serait naïf d'insister ; mais il faut se rappeler toujours que cet avantage est si énorme que pas un inconvénient de la spécialisation ne parvient à le rejeter dans l'ombre. Tous les inconvénients fussent-ils dix fois plus grands, il faudrait encore et intensément se spécialiser. L'attention, à son degré suprême, a aussi ses inconvénients : elle supprime les

mouvements volontaires, elle restreint le champ de la conscience d'une manière violente, et donne lieu à toutes espèces d'incidents comiques qui sont connus sous le nom de « distractions des savants ». Personne ne songera cependant à supprimer l'attention de notre vie psychique. Rappelons-nous donc que nous n'avons jamais un motif plausible, malgré les inconvénients et les ridicules, d'écarter la spécialisation. Dans l'état actuel de l'esprit et du savoir, la spécialisation est une condition essentielle du progrès scientifique.

Mais précisons. Le spécialiste qui est devenu tel par la grâce de Dieu et les dons de la nature acquiert graduellement une prodigieuse finesse d'observation pour toutes les réalités qui contiennent un élément quelconque de sa spécialité : il remarque ce qui échappe à tout le monde, il saisit comme d'instinct — ne craignons pas d'insister sur la comparaison avec l'instinct — les différences les plus petites et les nuances les plus fines. Et remarquons bien que dans l'observation scientifique, est comprise une appréciation spontanée au moins initiale. Évidemment, nous, intellectuels, nous avons une tendance, parfois trompeuse d'ailleurs, à tout rationaliser : nous trouvons ou nous imaginons immédiatement un motif à toutes nos appréciations, à tous nos jugements spontanés. Mais observons les hommes de métier et les praticiens. Avec quelle justesse ils apprécient les matériaux qui leur sont mis à la main ou les malades qui leur sont confiés ! Qui n'a entendu parler du « coup d'œil » médical ? Évidemment les théoriciens à outrance ont une tendance à négliger ces jugements spontanés ; ils croient que l'empirisme dans le plus mauvais sens du mot s'y dissimule souvent, et ils ont parfois raison ; mais le coup d'œil médical, comme le coup d'œil du métier, est une incontestable réalité psychique. Il est dans l'ordre de connaissance, ce que le « tour de main » est dans l'ordre de l'exécu-

tion pratique. Bref, le spécialiste observe, sur le terrain qui lui est familier, avec une sagacité surprenante, et avant même qu'il ait présentes à l'esprit les raisons de son jugement, il apprécie les réalités de son domaine avec une justesse qui tient de la divination.

Elle en tient en effet. La divination, l'inspiration artistique comme l'initiative sur le terrain du savoir proprement dit, n'est que l'émergence brusque sous le regard de la conscience de quelque structure mentale qui s'est élaborée à notre insu. L'affinement de l'observation chez le spécialiste tient aux résultats de cette même fonction obscure, qui déroule ses activités dans les profondeurs de notre être psychique. Sans le concours de notre réflexion volontaire — qui d'ailleurs ne saurait comment s'y prendre pour aboutir à ce résultat — des associations, des connexions s'établissent entre toutes les acquisitions antérieures. Pour chaque réalité se forme ainsi une image synthétique qui va toujours en se précisant et qui forme le fond même de la mentalité spécialiste. Dans la divination, ces structures personnelles apparaissent brusquement ; dans l'observation et l'appréciation, elles n'émergent pas tout à fait : elles flottent sur la limite de la conscience vive et de la subconscience, et servent de pierre de touche à tout ce qui se présente. Comme l'expérience de la vie, qui n'est évidemment que subconsciente, nous permet d'apprécier comme d'instinct les hommes et les situations, ainsi le spécialiste se sert sans cesse, inconsciemment, spontanément et avec des avantages énormes, de ces structures complexes qui, naturellement, se sont élaborées. Comme nous l'avons dit tout à l'heure, en regardant il remarque toujours ce qui se réfère à sa spécialité parce que seul il est en possession des éléments subjectifs qui permettent une perception élective ; et il s'aperçoit des moindres divergences entre un objet nouveau et ceux qu'il avait préalable-

ment observés, par une espèce de conflit semi-conscient avec ses acquisitions extrêmement précises qui l'avertissent de la nature insolite de l'objet, à peu près comme le « choc esthétique » et les mouvements spontanés d'antipathie nous sont un signe certain, avant tout examen critique, d'une harmonie ou d'un désaccord entre l'objet perçu et nos dispositions personnelles.

Par des raisons très analogues nous pouvons comprendre pourquoi le spécialiste, non seulement dans l'observation mais encore dans la systématisation, possède des avantages inappréciables. Nous touchons ici un sujet énorme, nous abordons un terrain semé de fondrières, et il n'y a qu'un moyen de les éviter toutes : c'est de réduire nos considérations à une esquisse des plus sommaires.

Tous les spécialistes observateurs ne sont pas spéculateurs. De tout temps on a connu la distinction, parfois l'opposition et la guerre, entre le raisonneur, le dialecticien méthodique, « the logic mill », comme l'appelle Carlyle, la machine à syllogismes, et d'autre part l'intuitif, le spéculateur, le voyant. Les deux types sont-ils radicalement distincts ? Quelle est leur valeur relative au point de vue scientifique, au point de vue largement humain ? Passons et passons vite ; car ces questions sont belles comme des sirènes, et dangereuses comme elles ; ce qui est certain, c'est que la science méthodique n'a pas besoin seulement d'hypothèses d'observation, mais aussi de doctrines synthétiques, d'hypothèses de systématisation. Quelle est la portée logique de ces dernières ? Non seulement passons, mais fuyons ! sauvons-nous ! Ce n'est plus un chant de sirène, c'est une énigme de sphinx. Contentons-nous de constater la nécessité d'une hypothèse de systématisation ; affirmons, sans plus, ses rapports très intimes avec l'hypothèse d'observation. Ce qui nous importe, c'est que le spécialiste, qui possède à un cer-

tain degré la puissance créatrice, la faculté poétique au sens étymologique du mot, est merveilleusement placé pour fournir de bonnes et fécondes hypothèses de systématisation.

Ces doctrines synthétiques qui nous permettent de mettre de l'unité dans notre savoir, qui sont le plus merveilleux instrument mnémotechnique que l'on puisse imaginer, surgissent brusquement dans l'intelligence, souvent au moment où l'on s'y attend le moins. Tout à coup, parce qu'on vient de la saisir, tout s'ordonne, tout devient simple et clair. Qu'est-ce donc que cette hypothèse qui nous fait trouver de l'harmonie dans le dédale des faits, de la simplicité et de l'élégance dans ce qui, il y a un instant, nous semblait inintelligible et chaotique? Examinez toutes les grandes hypothèses, non dans leur forme parfaite et différenciée, mais dans la proposition fondamentale d'où elles sortent toutes entières, dans l'idée centrale qui comme une âme les vivifie. Vous trouverez toujours quelque image, très générale, appartenant à la vie psychique de tout le monde : c'est l'attraction, c'est le lien génétique entre les espèces, c'est le mouvement vibratoire, c'est la pulvérisation atomique, etc., etc. Certes toutes ces notions, soumises à la dernière analyse, recèlent des mystères et font le tourment du philosophe. Mais les philosophes ont la vocation de se tourmenter. Ces notions prises en elles-mêmes sont banales et appartiennent au trésor du sens commun. Concevoir une doctrine explicative, une hypothèse de systématisation n'est donc autre chose que choisir une image commune, très répandue, qui par là-même est considérée comme très simple, et est dans tous les cas très représentative ; et c'est la mettre en rapport avec une foule de faits scientifiques observés, de sorte que ceux-ci empruntent à l'image quelque chose de sa clarté familière et peuvent entrer ainsi dans les cadres de l'intelligence commune.

Comment arrive-t-on à concevoir pareille image ? Certainement pas par un effort volontaire, au moins directement. Les connexions les plus fréquentes que notre esprit établit spontanément entre les éléments psychiques sont basées sur la similitude. Peu à peu les éléments communs des différentes acquisitions se fusionnent. Si donc nous connaissons dans les moindres détails un ordre de faits constituant le domaine d'une spécialité, à mesure que nous les précisons davantage nous avons une chance croissante d'y saisir, même subconsciemment, quelque particularité en connexion de similitude avec une donnée du sens commun ; et tout à coup celle-ci surgit devant la conscience, entraînant comme des appendices, comme des conséquences, tous les faits scientifiques qui trouvent en elle une source de clarté et un principe d'explication.

Évidemment cette genèse psychologique de l'hypothèse explicative n'est pas de nature à donner une haute idée de sa valeur logique. Mais nous ne faisons pas de la logique en ce moment. Constatons que seul le spécialiste, pénétrant dans tous les détails de son objet, a quelque chance de voir surgir dans son esprit ces belles, ces simples, ces fécondes hypothèses qui, pour être avant tout d'importance psychologique, n'en marquent pas moins des étapes dans le progrès des sciences positives.

Oui la spécialisation a de grands avantages. Pour l'observation comme pour la systématisation, au point de vue des faits comme au point de vue des doctrines, c'est du spécialiste que nous devons tout — ou presque tout — attendre : notre édifice scientifique, malgré nos tâtonnements et nos découragements périodiques, est superbe et solide, nous en devons remercier avant tout les spécialistes.

III

LES INCONVÉNIENTS DE LA SPÉCIALISATION

Il n'y a aucune difficulté à dire des spécialistes énormément de bien. Le psychologue, hélas, est condamné à en dire aussi énormément de mal. La spécialisation a des inconvénients extrêmement sérieux ; et le plus sérieux de tous, c'est que le spécialiste finit par ne plus en avoir conscience. On constate qu'on peut se spécialiser jusqu'à en perdre le bon sens ; et lorsqu'on en est arrivé à cet excès qui n'est pas excessivement rare, on perd conscience de sa propre déformation. Plus aucun raisonnement théorique n'a de prise sur ces esprits enkystés, et il faut quelque catastrophe réelle, faisant irruption dans leur vie effective, pour leur mettre sur la gorge la réalité d'un monde débordant leurs formules, d'une vie qui réclame l'application de toutes nos énergies sous peine d'employer toutes les siennes pour nous écraser.

Mais laissons ces cas extrêmes qui peuvent devenir tragiques, et sans nous émouvoir procédons méthodiquement. Il y a tout d'abord un inconvénient que nous ne signalons que pour mémoire, parce qu'il est d'ordre plutôt logique que psychologique. Il importe de ne jamais oublier que nos sciences spéciales ne considèrent que des fractions du réel, et que le réel, à d'innombrables titres, est un. Toutes nos divisions, toutes nos taxinomies sont plus ou moins artificielles. Il nous est impossible de faire le tour de l'objet de nos recherches sans rencontrer certains points d'attache que nous avons arbitrairement rompus, quelques bavures qui révèlent la rigidité de nos moules méthodiques. Et puis il y a la subordination des sciences suivant la complexité croissante de l'objet.

Les mathématiciens sont sous ce rapport les plus heureux des mortels. La quantité pure, rapprochée de la solide matière du monde, paraît singulièrement vaporeuse; mais elle offre cet énorme avantage de ne rien supposer, étant par sa nature essentiellement vide, et de se prêter ainsi à un examen indépendant. Mais tout le monde ne peut pas être mathématicien, et à mesure que nos spécialités se compliquent, depuis la physique jusqu'à la biologie, la psychologie et la sociologie, des connaisances de plus en plus diverses et multiples sont « présupposées » et doivent être au moins effleurées si l'on veut fructueusement examiner la spécialité même.

Pour ces deux motifs — parce que nos divisions sont artificielles et parce que les sciences sont subordonnées — l'excès de spécialisation fait manquer le but même de toute spécialisation. Parce qu'on s'est trop restreint on ne comprend plus rien. C'est ainsi que j'ai vu un biologiste commettre les méprises les plus grossières et les plus énervantes en technique microscopique parce que ses connaissances en chimie étaient devenues nébuleuses; et un sociologue voulant lutter contre l'alcoolisme cherchait midi à quatorze heures parce qu'il n'avait qu'une idée très vague de l'alcool dénaturé.

Mais nous voilà sur un terrain qui ne nous concerne pas. Hâtons-nous de signaler les inconvénients de la spécialisation au point de vue psychologique, ceux qui concernent la déformation de l'esprit, que l'on rencontre chez beaucoup, chez la plupart, peut-être chez l'immense majorité des spécialistes. On peut l'exprimer dans cette formule : d'une manière plus ou moins accentuée, le spécialiste prend sa spécialité, le petit aspect du réel auquel il applique sa recherche et ses activités intellectuelles, pour le réel tout court et pour la vie intégrale. Tout spécialiste se sent évidemment

porté à s'inscrire en faux contre cette assertion : on sait que cette attitude est absurde; on a pleine conscience qu'en dehors des mathématiques, de la médecine, du point de vue sociologique il y a autre chose! Évidemment le spécialiste sait qu'il y a autre chose, mais, sans qu'il s'en doute, il vit et surtout il pense comme s'il n'y avait pas, ou guère, autre chose.

Notre vie psychique ne se réduit pas à notre état de conscience actuel; nous avons en nous toutes nos acquisitions antérieures, qui, en dehors de notre regard interne, non seulement existent, mais vivent, mais opèrent en réactions mutuelles, s'agencent en combinaisons originales dont l'ensemble, plus ou moins organisé, constitue notre synthèse mentale. Sans cesse cette synthèse, bien que subconsciente, exerce l'influence la plus sensible, souvent décisive, sur nos jugements et nos appréciations. Pour vous en convaincre rappelez-vous ce qu'on peut appeler le « choc esthétique ». Lorsque nous nous trouvons placés devant une œuvre d'art, brusquement, de prime abord, nous avons l'intense impression du beau. La vraie vie esthétique est encore, à ce stade, très incomplète : nous n'avons rien examiné, rien analysé, nous ne nous sommes pas encore associés à l'opération créatrice de l'artiste, association sans laquelle le sentiment, la jouissance, la *vie* esthétique restent toujours rudimentaires. Et cependant, alors que nous n'avons rien interprété du langage de l'œuvre, nous savons que ce langage est expressif, est tendre, est profond, est beau, est sublime. Or cette impression n'est pas la même chez tout le monde. La Vénus hottentote nous paraît immédiatement affreuse; et sans aller jusqu'à cet exemple classique, je trouve dans ma mémoire le sentiment de déception profonde que m'ont donné tout d'abord les églises de Rome. Élevé dans notre pays, mis en contact pendant trente ans avec nos monuments

du moyen âge, une église non gothique me paraissait étrange, absurde, contradictoire; de là mon premier dédain pour ces édifices qu'avec une autre mentalité j'aurais jugés superbes, et il m'a fallu un élargissement de mon horizon mental, une salutaire adaptation à des conceptions étrangères et nouvelles pour échapper au ridicule de mon esprit gothiquement spécialisé. C'est que notre première appréciation, notre jugement spontané est complètement sous la dépendance de notre synthèse mentale acquise. Bien qu'elle reste complètement sur le seuil de la conscience, elle détermine toute notre attitude spontanée.

Ce n'est pas d'ailleurs dans le seul domaine de l'art que nos jugements, même les plus objectifs, même les plus impartiaux et les plus désintéressés, sont sous la dépendance immédiate de notre synthèse mentale acquise. Lorsque nous changeons de milieu intellectuel, nous sentons immédiatement le besoin d'une adaptation si nous voulons tirer tout le profit possible du commerce des intelligences. Lorsqu'un problème est discuté dans une assemblée quelque peu hétéroclite, on est surpris des vues diverses que prennent d'un objet identique les différents individus. Bref, le jugement que nous portons sur les événements, sur les hommes et les choses, est toujours fonction de cette synthèse latente qui caractérise notre personnalité.

Or le spécialiste, par goût et par devoir, imprègne constamment sa synthèse tout entière de l'objet très spécial, très fractionnaire de ses recherches. Sa vie tout entière, tous ses jugements sont sous la dépendance de cette synthèse, et par conséquent toutes ses opérations mentales, toutes ses appréciations, toutes ses convictions doivent naître et s'imposer en fonction de cet objet spécial qui a fini par façonner toute sa mentalité. Il en résulte une singulière et funeste étroitesse d'esprit.

Quelle que soit la réalité qui fixe l'attention, on ne la verra, on ne l'appréciera que dans la mesure où elle se prête à quelque association avec la tyrannique spécialité. Tout le reste est inexistant ou négligeable. Évidemment on sait toujours qu'il y a autre chose ; mais cette autre chose n'a de l'intérêt pour la science ou de la valeur pour la vie que lorsque, de gré ou de force, on l'aura réduite à quelque schéma que la spécialisation aura rendu souverain.

Il en résulte qu'à côté du réel le plus gigantesque, à côté des problèmes les plus formidables, le spécialiste passe comme un aveugle et un sourd ; il les ignore, parce que, ses facultés étant rétrécies, il a perdu jusqu'à la possibilité de les apercevoir. Et ce qui est peut-être plus redoutable encore, c'est que le spécialiste non seulement ignore mais déforme le réel. On ne perçoit qu'au moyen de la synthèse mentale. Tous les objets de l'univers ayant quelque modalité commune presque tous peuvent s'associer entre eux par similitude. Le spécialiste arrivera donc à associer les réalités les plus diverses à l'objet de ses études. Or une des infirmités les plus funestes de l'esprit est le passage irrationnel d'une association par similitude à un jugement d'identité. Je ne sais si dans l'ordre philosophique, comme sur le terrain des sciences naturelles, il y a une source plus abondante de commodes et obstinées erreurs. Cette malheureuse tendance, une des formes les plus répandues de la précipitation intellectuelle, nous enlève la justice dans la vie pratique et, dans la spéculation, nous enlève toute justesse. — On voit sans peine quels ravages elle doit exercer dans la mentalité spécialiste. Ce qu'elle parvient à saisir est assimilé à un objet particulier qui domine et violente toutes les activités mentales : les qualités deviennent du mouvement, les états de conscience de la physiologie, le ciel et la terre, les âmes et les corps, la vertu et le bonheur un problème de mécanique rationnelle.

C'est par cette voie que des savants illustres aboutissent à des niaiseries retentissantes comme celle de Broussais : je n'ai jamais trouvé l'âme au bout de mon scalpel. Ce scalpel de Broussais devenu l'intelligence et la logique toutes entières, mérite de devenir un symbole. Personne n'ignore que le point de départ de toute la philosophie de Bergson a été une constatation très opportune sur la relativité de certaines notions mathématiques, et notamment du sens réel à attribuer au temps que la mécanique introduit dans ses formules. Son système a pour but — et remarquons que Bergson est un bon mathématicien — d'éliminer de la métaphysique ce mathématisme, qui de fait n'a pas grand chose à y voir. Bergson a, vraisemblablement, dépassé le but ; il ne nous appartient pas de juger sa tentative en ce moment. Mais ce qui est certainement absurde, c'est la tentative de réfutation à laquelle s'est livré Le Dantec. Celui-ci démontre, avec un luxe d'arguments qui devient comique, que, devant le mathématisme, l'anti-mathématisme de Bergson ne se justifie pas. Il ne fallait pas être grand clerc pour le savoir d'avance ; mais si Le Dantec s'est livré à ce puéril exercice dialectique c'est parce que, pour lui, le mathématisme est devenu synonyme d'intelligence, parce qu'il est devenu prisonnier d'une étroite méthode spécialiste.

On pourrait multiplier ces exemples à plaisir. Tous relèvent de la même cause. La connaissance n'est pas un objet, mais un objet dans un sujet. Celui-ci est toujours le même, quel que soit l'objet qu'il aborde ; et si le sujet est déformé, partout et toujours il apportera l'identique déformation. Parce que le sujet est le facteur permanent de toute connaissance, ses tendances prennent un caractère absolu et elles deviennent avec toutes leurs modalités, avec toutes leurs faiblesses et leurs maladies, la mesure non seulement du connu

mais du connaissable. Tous les objets des sciences étrangères à la spécialité en sont ou ignorés ou déformés.

Bien plus, c'est la vie elle-même, l'appréciation globale du réel, de l'existence humaine, de la valeur du monde, du temps et de l'éternité qui se trouve fatalement atteinte par la spécialisation devenue absolue. Carlyle parle d'un helléniste qui très sérieusement prédisait à un rival la damnation éternelle à cause de sa théorie sur les verbes irréguliers. Évidemment c'est une plaisanterie, c'est une caricature violente, mais la caricature n'est que l'exagération d'une vérité caractéristique ; et il ne faut rien exagérer, hélas ! pour découvrir que les spécialistes se servent de leur forme particulière, mesquinement étroite au prix du réel, pour jauger le réel entier et aboutir à des « philosophies », à des synthèses du monde et de la vie tragiquement erronées. Pensons au nombre énorme de spécialistes irréligieux. Certes, l'ignorance même des vérités et des exigences religieuses est parmi eux une source féconde d'irréligion ; mais il n'est pas douteux que la déformation spécialiste, l'étroitesse d'esprit amenée par une despotique spécialisation doit presque fatalement engendrer ces synthèses mentales irréligieuses. L'univers n'est pas une simple matière à calcul. La nature humaine et la totalité du monde ne se réduisent pas à un aspect psychologique, physiologique, chimique, physique ou quantitatif. Il y a tout cela ensemble, et il y a davantage ; et il faut embrasser, d'un sommet supérieur à toute spécialisation, le tout du réel et l'intégrité de la vie pour découvrir leurs racines, qui plongent dans le divin, et surprendre leurs destinées suprêmes qui imposent à notre existence tout entière l'unification souveraine de la religion.

La spécialisation peut donc devenir funeste parce qu'elle engendre l'étroitesse d'esprit, parce qu'elle aveugle sur des régions immenses du réel, parce qu'elle

fausse le regard et déforme le jugement, parce qu'elle mutile l'âme humaine, qui est aussi large que le réel et qui doit s'élever à une synthèse immense, débordant sur toute spécialité, pour découvrir le sens du monde, la valeur de la vie, les droits de Dieu.

IV

REMÈDES AUX INCONVÉNIENTS DE LA SPÉCIALISATION

Il est triste de n'aboutir qu'à ce redoutable résultat par le sacrifice énorme que nous faisons au début de la vie scientifique en nous spécialisant. Pour rendre utile notre existence tout entière, pour pénétrer plus avant dans une portion du réel, nous nous mettons des œillères et des entraves, nous enchaînons de nobles énergies, nous immolons de légitimes et généreuses tendances, et au lieu de maîtriser, de soumettre à notre domination intellectuelle un objet spécial, c'est cet objet qui nous domine, nous captive, nous emprisonne, alourdit notre intelligence, rétrécit notre horizon et appauvrit notre vie.

Et cependant la spécialisation conserve tous ses droits. Il faut que nous nous spécialisions ; nous ne pouvons pas ne pas nous spécialiser, si nous ne voulons pas piétiner sur place, si nous ne voulons pas sacrifier la conquête progressive de l'univers que Dieu a livré à nos investigations. Comment dès lors défendre l'intégrité de notre nature, la rectitude de notre jugement malgré la spécialisation ? Comment, en d'autres termes, placer la spécialisation dans une intelligence et une vie intégrales ?

La question est vaste et mériterait un examen approfondi, qui nous entraînerait trop loin. Contentons-nous de quelques brèves indications.

Il y a deux remèdes à ces inconvénients ; leur juxtaposition est à première vue un peu paradoxale, mais l'analyse psychologique nous les impose : ce sont l'étude et les vacances.

L'étude d'abord. Nous avons signalé un inconvénient d'ordre logique, celui qui résulte d'une séparation trop radicale des spécialités et de la subordination des sciences. Le remède à ce mal nous intéresse d'autant plus qu'il a toute la valeur d'une défense psychologique. C'est... soyons bien concrets — on ne saurait l'être trop dans un conseil pratique — c'est de faire partie de la Société scientifique et de lire la Revue des Questions scientifiques. Il est certain que la lecture d'une bonne revue scientifique d'ordre général et le contact personnel entre spécialistes de tendances très diverses ne peuvent manquer d'élargir les idées, de faire surgir des doutes salutaires et d'imposer d'opportunes réserves. On ne tarde pas à s'apercevoir que les confrères des autres sections sont eux aussi des hommes intelligents, à cerveau solide, à jugement droit, et que cependant le cours de leurs idées est canalisé dans une direction opposée à celle que nous sommes enclins à considérer comme la seule fructueuse. De là un sentiment de respect d'abord ; de là une modeste méfiance pour nos lumières spéciales ; de là enfin un effort pour s'élever à un point de vue supérieur qui domine toute la relativité de la spécialisation.

Nous touchons ainsi à une deuxième manière d'éliminer par l'étude les inconvénients de la spécialisation. Ce qui rend cette dernière si redoutable, c'est la restriction qu'elle apporte au réel, et la mutilation qu'elle impose à l'intelligence. Il faut donc rester en contact avec la totalité du réel ; il faut saisir les choses diverses dans leur unité supérieure, il faut défendre l'intégrité de notre nature par la mise en œuvre de toutes nos fonctions mentales ; il faut, en un mot, faire

de la philosophie. Quelques-uns d'entre vous, se souvenant de Molière, trouveront que je suis un peu orfèvre. Mais je garantis que, sans aucune préoccupation de métier, l'observation des faits et l'analyse psychologique conduisent nécessairement à cette conclusion. Beaucoup de spécialistes se souviennent que, pour l'expiation de leurs péchés, ils ont dû subir un cours de philosophie qui ne leur a apporté aucun avantage. C'est parce qu'on leur en a donné tout juste assez pour en avoir un incurable dégoût ; c'est notamment parce qu'on le leur a donné comme par acquit de conscience, sans établir les connexions essentielles avec leurs études de prédilection. Tout le monde doit d'ailleurs philosopher parce que tout le monde doit vivre, et que personne ne peut vivre rationnellement sans quelque philosophie, ne fût-ce que cette philosophie toute négative — philosophie de stupeur ou de désespoir — qui conclut à la négation de la philosophie. Il nous faut donc philosopher pour nous défendre contre les attentats de la spécialisation ; et si nous voulons échapper à bien des tâtonnements, à bien des méprises, peut-être à des erreurs funestes, philosophons d'une manière méthodique, sous la conduite de quelque philosophe spécialiste.

Il est vrai que les questions abstruses de la métaphysique ne sont pas le fait de tout le monde. Il s'agit d'ailleurs, non de faire des spécialistes philosophes, mais de créer une mentalité intégrale. Si donc une sérieuse formation philosophique est impossible ou reste infructueuse, il faut au moins avoir recours au meilleur substitut d'une philosophie. Psychologiquement parlant, nous le trouvons dans cette grande littérature synthétique antérieure à notre spécialisation intensive ou indépendante de notre morcellement scientifique, qui nous livre la vie intégrale sinon en idées abstraites, au moins en images et en manifestations vitales. Bref, pour être bien clair et concret, on doit à ce point de vue recommander sans réserve une intense

culture classique. Je sais que je mets le pied sur un terrain brûlant, et j'ai hâte de le quitter. Au moins importe-t-il de rappeler que la psychologie a un mot à dire dans cette controverse, et que le sens de son intervention n'est pas douteux.

Après les études nous avons les vacances ! Qui nous fera la psychologie des vacances ? Il y a là un sujet des plus intéressants et qui jusqu'aujourd'hui reste enveloppé de confusions déconcertantes et de naïves illusions. Il faudrait, hélas ! une conférence tout entière pour l'examiner d'une manière utile. Quelques mots seulement.

Avant tout notons bien que les vacances, dans l'enseignement supérieur, tant pour les professeurs que pour les élèves, sont radicalement différentes de ce qu'on désigne sous le même nom dans l'enseignement primaire ou secondaire. Pour ces derniers, il s'agit surtout de réparer des forces physiques, d'éliminer des déchets physiologiques. Pour nous il n'y a là qu'une première phase des vacances qui, schématiquement, en comprennent trois. Nous avons tout d'abord le repos physiologique. C'est, dans la mesure du possible, une brève période de « dolce far niente ». Les nerfs se détendent, les préoccupations tumultueuses s'apaisent, nous nous reconquérons nous-mêmes, nous finissons par nous avoir derechef sous la main.

Suit une deuxième période qui nous intéresse spécialement en ce moment. Il nous faut reprendre contact avec la vie intégrale, comprimée, pendant toute l'année académique, dans les limites étroites de la spécialité.

Il serait absurde de renvoyer encore une fois à la philosophie. Son étude est trop laborieuse d'abord pour une période de repos ; en outre, étant elle-même spéculative, elle est essentiellement partielle en regard de la vie totale. A ce moment doivent se placer quelques considérations sur notre vie effective,

sur sa valeur actuelle, sur sa destinée et sa direction générale. Mais pour reprendre contact avec la totalité du réel et de nos puissances, il nous faut vivre en quelque sorte dans un monde complet, détaché cependant du monde actuel où s'impose la dure spécialisation. Il nous faut pouvoir vivre en quelque sorte d'une seconde vie, dans un second univers, nous appartenant tout entier, et qui cependant ne vient jamais troubler le monde effectif où s'étalent nos activités normales. Il nous faut mener, pour me servir d'un terme devenu classique, une existence interne complète et désintéressée. Cherchons chez les psychologues les plus connus, nous trouverons que pareille existence se réalise dans la vie esthétique et que nous la puiserons, si nous ne sommes pas irrémédiablement racornis, dans les grandes productions de l'art. Concluons sans réserve que l'art, dans ses manifestations les plus hautes, peut jouer un rôle très important dans les vacances du spécialiste. Si l'on y joint le contact immédiat avec la nature, contact dégagé de toute systématisation, l'art constitue la donnée la plus importante dans cette seconde période des vacances, qui pour le spécialiste doivent avoir la valeur d'une cure intellectuelle.

Lorsqu'on se sera ainsi rempli l'âme de grandes et belles et bonnes choses, lorsque, au moins psychiquement, on se sera assuré la vie intégrale, par la simple poussée de notre nature personnelle la spécialité se fera jour à nouveau dans une troisième et dernière période des vacances. Son apparition à ce moment est particulièrement intéressante. Elle se détache sur ce fond d'une prodigieuse richesse que nous venons d'acquérir par la vie intégrale dans l'art et la nature, et elle lui emprunte une surprenante quantité d'associations nouvelles. En termes moins techniques, la troisième période des vacances doit être, dans la vie du spécialiste, relativement à sa spécialité, le temps le plus fécond en idées nouvelles. Ce n'est pas le moment de

l'élaboration, de la vérification méthodique : ce travail ardu et souvent ingrat est celui des mois de labeur volontaire de l'année académique ; mais c'est le temps radieux de l'inspiration, de l'innovation, du progrès. Je n'insiste ni sur sa valeur, ni sur ses inoubliables jouissances, parce que nous cherchons les remèdes aux inconvénients de la spécialisation, et je me contente de conclure qu'avec la lecture d'une sérieuse revue générale, le contact entre spécialistes, la formation classique, et l'étude de la philosophie, les vacances sainement comprises, sagement organisées, sont une nécessité pour le spécialiste qui ne veut point étouffer dans sa spécialité.

Lorsque nous prendrons toutes ces mesures, nous n'aurons plus rien à craindre de la spécialisation. Dans le champ de nos études personnelles, nous nous trouverons d'autant plus à l'aise, nos explorations seront d'autant plus fructueuses, que nous n'aurons aucune crainte d'y perdre quelque ressource vitale de notre nature.

On trouve dans le Faust de Goethe l'étrange conseil de laisser rouler le grand Univers, et de nous contenter du petit monde que nous embrassons de notre regard et de nos intérêts immédiats. Mais n'oublions pas que c'est un conseil de Méphisto. Nous travaillerons scientifiquement dans un petit monde parce que nous voulons chercher avec fruit et comprendre avec pénétration. Mais nous vivrons dans le grand Univers où nous a placés le Créateur, parce que étant physiciens, chimistes, médecins ou psychologues, nous voulons rester des hommes en possession de facultés intégrales, placés en face de toute la nature, en face de toute la vie et en face de Dieu.

P. M. De Munnynck, O. P.
Professeur à l'Université de Fribourg en Suisse.

LA
FERTILISATION DES ROCHERS DES GARIGUES ET DES MARAIS
EN ITALIE ET EN PROVENCE (1)

Voilà bientôt trente-six ans que nous avons l'honneur d'enregistrer périodiquement dans cette Revue les progrès réalisés par la science agricole, et d'exposer ou de publier dans les Annales de la Société nos observations personnelles, lesquelles, d'ailleurs, ont été souvent contredites ou discutées par des cultivateurs ou par des professeurs imbus des anciennes théories, et parfois moins soucieux de répéter des expériences que de trancher *à priori* en s'inspirant des enseignements de leurs pères ou de leurs maîtres.

L'exposé des découvertes et des progrès réalisés chez nos voisins, nous permettra de revenir en passant sur ces recherches qui ont été confirmées pour la plupart par des savants étrangers, surtout depuis la généralisation des champs d'expériences en grande et en petite culture.

S'il est une science qui a marché à pas de géants et réalisé des prodiges depuis un demi-siècle, c'est bien

(1) Conférence donnée à l'Assemblée générale de la *Société scientifique*, à Bruxelles le mardi 25 avril 1911.

la science agricole. Lorsque, en mil huit cent soixante treize, je fus nommé Secrétaire de la *Société Centrale d'agriculture* — où, soit dit en passant, notre Société scientifique a pris naissance, grâce au concours généreux des membres du bureau de cette association, tous morts hélas aujourd'hui (1), les cultivateurs flamands et wallons se débattaient encore en plein empirisme. La preuve, c'est qu'en 1880 M. Demarbaix, notre regretté collègue, pouvait dire à la *Société centrale* qu'il n'existait pas en Belgique six fermiers capables d'employer les engrais chimiques en connaissance de cause. Et lorsque je préconisais, dans ma chaire universitaire, l'emploi des écrémeuses centrifuges pour le traitement rationnel du lait, M. Demarbaix lui-même se faisait l'écho des préjugés des paysans, en affirmant que le beurre fait à la main dans sa ferme de la Campine serait toujours très supérieur au beurre préparé à la machine.

D'autre part, des hommes politiques éminents étaient encore tellement imbus de préjugés contre la science agricole qu'ils ne craignaient pas de dire, en plaisantant, dans les couloirs de la Chambre, « que notre thèse était certes un bel exercice de rhétorique, mais l'on savait bien que l'agriculture, c'est une brouette de fumier, une bêche ou une charrue et de bons bras pour s'en servir ».

Il est intéressant pour ceux qui nous suivent aujourd'hui dans la carrière de rappeler cette mise au point, ne fût-ce que pour inspirer plus de confiance à la jeunesse dans cette science naturelle dont les pédagogues et les rhéteurs de l'ancienne école ont fait si bon marché dans leurs programmes, pendant que les découvertes se succédaient rapidement et transformaient la face du Monde.

(1) Voir ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, 1892, session d'avril, Banquet, p. 44, discours de M. Mansion, secrétaire général.

Je n'insisterai pas sur les progrès réalisés en Belgique depuis cette époque. Ils sont assez connus de tous ceux qui s'intéressent à l'avenir économique de notre pays. Nous voulons aujourd'hui jeter les yeux au delà des frontières et comparer ce qui a été réalisé, parallèlement à nos progrès, par nos voisins du Midi, dans des sols et sous des climats différents du nôtre.

Ayant été chargé récemment par M. le Ministre de l'Agriculture d'une mission dans le Nord de l'Italie et dans le Midi de la France, j'ai pu me rendre un compte exact des résultats souvent merveilleux obtenus par ces trois facteurs dont nous n'avons cessé de préconiser le concours à cette tribune, depuis l'origine de la Société : la Science, l'Association et le Crédit.

On a pu dire, avec raison, que la Foi soulève les montagnes. La Science se borne à les percer et à les féconder, comme elle apprend à transformer des landes stériles et des marais pestilentiels en champs cultivés, en étangs poissonneux, en bois ou en jardins, qui enrichissent en quelques années les régions les plus déshéritées.

Commençons par la Provence, dont le beau ciel fut chanté par les poètes depuis le règne des rois d'Aragon et qui, vue de près, présente souvent le triste spectacle de l'aridité et de la stérilité la plus complète.

Telles, ces vastes plaines du Vaucluse et de la Crau, couvertes de cailloux, que les alluvions torrentielles du Rhône ont envahies après la dernière époque glaciaire et qui sont balayées par le mistral une bonne partie de l'année et ravagées par les débordements périodiques de la Durance.

« Le Parlement, le Mistral et la Durance, sont les trois fléaux de la Provence », disait avec raison un vieux proverbe français.

Eh bien, la baguette magique de la Science a transformé tout cela en quelques années.

Les ingénieurs qui avaient capté les eaux de la Durance indomptée, pour alimenter les villes jusqu'à Marseille, ont pratiqué de savants drainages et des irrigations qui ont permis de gagner rapidement du terrain sur le désert et de cultiver la vigne et la garance.

Mais la chimie ayant découvert la fabrication artificielle de l'alizarine qu'on extrayait jadis de cette dernière plante, notamment pour teindre les pantalons rouges des troupiers français, il ne restait plus que la vigne, quand le terrible hémiptère américain, le *phylloxera*, fit son apparition et anéantit en peu de temps les vignobles si péniblement créés dans les garigues.

La misère était aux portes de la ville, lorsque les agronomes à leur tour suggérèrent l'établissement des jardins potagers et fruitiers, en luttant victorieusement contre le Mistral par la multiplication des abris artificiels, en roseaux dits cannes de Provence, ou naturels, comme les rangées de petits conifères à feuillage persistant, thuyas ou cyprès, qui forment de véritables murs de verdure (1). Cette fois la terre était conquise et bientôt l'on vit l'ancien désert faire concurrence aux meilleures terres de Provence et alimenter les halles de Paris de primeurs et de fruits de tout genre. Des garigues sans valeur ou qui ne valaient que peu de chose aux portes de la ville de Carpentras, par exemple, valent aujourd'hui de 8 à 12 mille fr. l'hectare.

La Compagnie du *Paris-Lyon-Méditerranée* dut construire bientôt des wagons spéciaux frigorifiques pour suffire aux transports des produits maraîchers du Vaucluse à Paris.

Les principales cultures sont *la fraise*, *l'asperge*, la

(1) *Cupressus fastigiata* (le plus commun) ; *Cupressus horizontalis*, dont les branches s'entrelacent naturellement et forment une haie. *Cupressus lambertiana* à croissance rapide et s'élevant très haut. *Piota orientalis* ou thuya d'Orient qui convient pour les parcelles étroites, reste garni à la base et n'épuise pas le sol.

pomme de terre précoce, les artichauts, les aulx, les tomates, les aubergines, les choux-fleurs, les salades, les épinards, le persil et, parmi les arbres fruitiers, les cerisiers, les abricotiers, les pêchers, les figuiers, les amandiers et les vignes pour le raisin de table.

La culture de la fraise a pris dans le Vaucluse une extension considérable, comme celle de l'asperge, grâce aux progrès réalisés au point de vue des emballages et des transports. Ils sont dirigés sur Paris, Londres, Genève, Berlin, St-Pétersbourg, etc.

Dans la culture de la fraise, les analyses du sol et l'emploi du sulfate de fer, de l'acide phosphorique, de la potasse ont donné des résultats très remarquables.

On a observé, par exemple, qu'à Carpentras et à Monteux, où le sol est silico-argileux et ferrugineux, les fraises sont acidulées, plus fermes, et supportent de longs transports, tandis qu'à Orange et à Avignon, où l'argile est la dominante, les fraises sont plus grosses, plus savoureuses, mais s'altèrent plus vite. Même observation sur la Riviera entre Cannes et San Remo. A Nice, par exemple, les plus belles fraises produites dans la terre rouge ne peuvent guère s'expédier à Paris, malgré le meilleur emballage.

L'*asperge*, dont la culture est très rémunératrice, se cultive surtout autour de Lauris, Merindol, Aubignan, Candenet, Cavaillon, Avignon, Chateaurenard, etc. Elle ne vient bien que dans les alluvions modernes, à sables fins perméables et profonds, qui ne forment pas croûte à la surface, comme les terrains marneux et argileux.

Les alluvions de la Durance réalisent précisément les conditions requises, car la proportion de terre fine est au minimum de 80 %.

Chaque propriétaire produit lui-même ses plants par semis. On associe souvent la culture de l'asperge et de

la fraise à celle de la vigne, les lignes d'asperges et de fraises occupant le centre des intervalles.

1000 kilogr. d'asperges n'enlèvent au sol que 5,60 kilogr. d'azote, 7,24 kilogr. d'acide phosphorique et 9,12 kilogr. de potasse, d'après les analyses récentes de M. Zacharewicz. Ce chimiste, après de nombreux essais, recommande la formule suivante qui lui a donné les meilleurs résultats dans les aspergeries du Vaucluse :

200 kilogr.		nitrate de potasse.
100	»	sulfate d'ammoniaque.
300	»	superphosphate de chaux 18 20.
408	»	plâtre.

La pomme de terre primeur, variété d'Early rose et Hollande, se plante vers la mi-février sur terrain défoncé à 35 ou 40 centimètres, à des intervalles de 70 à 80 cent. sur 25 à 30 cent. Elles sont fumées le plus souvent au tourteau. La récolte commence en mai.

Ici la concurrence est devenue très vive, car les pommes de terre d'Algérie, d'Hyères, d'Espagne et des côtes normandes et bretonnes surtout, où le sol et le climat conviennent particulièrement à cette culture, arrivent sur le marché de Paris de fort bonne heure et en quantité toujours croissante.

Le chou-fleur s'expédie à Barbentane et à Chateaurenard à raison de dix à douze wagons par jour à l'époque de la récolte, et le persil en hiver s'expédie par wagons complets en Allemagne, parfois au prix énorme de 600 fr. les 100 kilos.

On récolte aussi la truffe au sud-ouest du Mont Ventoux, mais le rendement diminue d'année en année, on ne sait pourquoi, car le chêne truffier ne paraît pas atteint d'une maladie spéciale. On sait que ce Mont Ventoux est couvert de lavande parfumée : il donne une production qui s'élève jusque 600 fr. l'hectare, soit

25 à 30 kil. d'essence, quand on laboure et qu'on fume le sol qui la produit spontanément.

Toutes ces cultures contribuent singulièrement au développement des villes de la région.

Ainsi Chateaurenard, qui expédie beaucoup de produits en Allemagne, s'agrandit et s'embellit à vue d'œil. Toute la ville est entourée aujourd'hui de belles cultures maraîchères jusqu'aux limites des irrigations.

La ville d'Orange, où ne mûrit guère l'oranger, produit des fraises et des betteraves à sucre. Mais sa spécialité est la production du *sorgho à balais*, dont les panicules servent à la fabrication de balais spéciaux, les rognures à la confection de brosses imitant le chiendent, la moelle à fabriquer des casques coloniaux imitant le liège, et la graine à produire de l'alcool.

Le développement des canaux d'irrigation dans le département des Bouches-du-Rhône commence à multiplier aussi dans cette région les centres de production maraîchère et fruitière qui ont enrichi le Vaucluse (1).

Dirigeons nous maintenant sur la Riviera en passant par Marseille et Toulon. Cette dernière ville bénéficie déjà de l'abri de ses rochers pour permettre la culture des fleurs, des légumes précoces et des arbres d'origine exotique, comme les palmiers et les mimosas qui végètent vigoureusement dans la presqu'île de Tamaris bordant le petit golfe formant ce beau port.

Mais c'est seulement à partir de Saint Raphaël que commence véritablement la Côte d'Azur, après avoir contourné la chaîne des Maures, cet ancien repaire de Sarrasins et de Barbaresques, où l'on cultive le chêne liège, le chêne truffier, l'olivier, le châtaignier, la vigne, les primeurs, etc.

(1) Ces renseignements nous ont été fournis par des agronomes et des professeurs départementaux, comme M. Belle, qui a publié des monographies intéressantes à ce sujet.

C'est à Saint Raphaël qu'Alphonse Karr s'établit comme jardinier, il y a plus d'un demi-siècle, pour cultiver le palmier et l'oranger, et que l'un de nos compatriotes, feu le Sénateur Cornet, contribua à mettre en valeur le rocher en exploitant le fameux porphyre bleu de Saint Raphaël, dit porphyre des Romains, moins résistant que notre porphyre de Quenast, mais plus facile à travailler pour les pavés et le ballast.

Quelques minutes encore et nous entrons dans la Corniche d'Or. C'est là que commence l'enchantement des yeux, où sur des roches d'un rouge vif, striées de vert, alternant avec des roches calcaires et des porphyres roses, on voit fleurir les mimosas, les orangers et les citronniers au milieu des bois de pins parasols et maritimes, ou des pins de montagne et des palmiers nains, qui sont les seuls palmiers originaires de la Côte.

Tous les autres sont importés des régions tropicales et subtropicales, comme d'ailleurs la plupart des arbres et des fleurs qui font le charme de ces rivages bénis, autrefois couverts de bois ou formés de rochers stériles.

C'est à ces rochers que s'attaque aujourd'hui le génie de l'homme, pour les fertiliser et les couvrir de fleurs et de palmiers, d'orangers, de citronniers, de mimosas ou d'autres plantes exotiques qui fleurissent ou fructifient souvent au cœur de l'hiver, comme l'Eucalyptus d'Australie, les cactus, les aloès, les poivriers et les conifères du Mexique, les Bougainvillia de l'Océanie, dont les fleurs pourprées et violettes jettent leur note éclatante sur les façades des palais et des villas dès le mois de janvier, avec les aristoloches, les cobéas et autres plantes grimpantes des tropiques ou des régions australes, les ficoïdes rampantes du cap de Bonne Espérance, les protées, les magnolias, les dracænas, dont les panaches fleuris s'étalent au milieu des palmiers, les bananiers, les cèdres et les araucarias géants du Chili et de la Nouvelle Zélande. Mais l'acclimatation

de cette flore éblouissante n'est pas l'œuvre des méditerranéens qu'il y a un siècle à peine les Anglais sont venus tirer de leur léthargie séculaire, en fondant les premières véritables stations balnéaires du littoral et en y apportant l'amour du luxe et des fleurs, les habitudes de confort de leurs colonies des Indes et de l'Amérique.

Ce luxe contraste violemment avec la pauvreté et la simplicité de mœurs des anciens habitants de la Riviera et des Alpes maritimes, qui semblaient au contraire avoir résolu le problème de la vie à bon marché.

Visitant un jour sur la Riviera italienne un village de pêcheurs, nous pénétrâmes à la suite d'un prêtre dans le logement sordide et sombre d'une famille qui comptait une douzaine d'enfants. Père, mère et enfants étaient d'une malpropreté repoussante, vêtus de haillons, mais semblaient jouir d'une parfaite santé.

Nous demandâmes aux parents s'ils parvenaient à subvenir aisément aux besoins d'une aussi grande famille ?

Le pére nous répondit en riant : *Niente, frutti di mare, Signore!* (« Ce n'est rien, les fruits de la mer ! »)

Or, les fruits de la mer signifient dans leur langue non seulement le poisson que l'on vend et qu'on ne pêche pas tous les jours, mais surtout les coquillages, les oursins, les pieuvres, les crustacés et autre menu fretin dont nos domestiques ou paysans feraient fi, même en Carême.

En sortant de cette caverne « non préhistorique », le prêtre qui nous servit de guide me dit en souriant :

« N'est-ce pas qu'il faut venir aux bords de la Méditerranée pour bien comprendre la profonde philosophie des paraboles de l'Évangile qui scandalisent aujourd'hui nos savants à courte vue, avides de richesses et d'honneurs ? « Les lis des champs ne tissent ni ne filent » et voyez comme ils croissent. Ne vous mettez donc pas

» tant en peine de ce que vous aurez à manger ou à » boire, car ce sont les *païens* et les gens du monde » qui cherchent toutes ces choses et votre Père connaît » assez vos besoins. *Cherchez par dessus tout le » Royaume de Dieu et sa Justice.* » Est-ce que cette mère couverte de haillons mais entourée, comme Cornélie, de ses enfants robustes et sains, ne vous paraît pas plus belle que ces grandes dames fardées et poudrées, couvertes d'oripeaux ridicules et de chapeaux monstrueux à l'instar des gourgandines? Elles ne se doutent pas, les pauvresses, que leur faux luxe, leur frivolité puérile constituent le plus terrible argument contre ce *féminisme* moderne qui proclame l'égalité des sexes au regard de la loi. N'est-ce pas à ce retour offensif de la sensualité païenne contre laquelle s'élevaient les Pères de l'Église et dont notre littérature décadente est l'expression, que nous devons en France le *suicide de la race*, selon l'énergique expression de M. Bertillon ? C'est *le luxe* qui ruine et qui tue la famille en faisant naître sans cesse des besoins factices, qui atrophient le sens moral comme le sens esthétique et qui engourdissent le sentiment religieux, l'amour du vrai, l'amour du bien. »

Je me gardai d'ajouter un commentaire à cette mercuriale véhémente, n'étant pas d'ailleurs délégué par le Ministère des Sciences et des Arts.

L'habitant de la montagne voisine n'est pas mieux nourri que ces pêcheurs, au contraire.

Il lui faut faire parfois deux lieues de chemin, la bêche ou le pic au dos, pour atteindre son misérable champ où il cultive, selon les sols, un peu de blé, de fèves, de citrouilles, d'oignon et d'ail.

Ces observations nous ont été confirmées tout récemment encore par le professeur départemental de la région, M. Belle, qui a contribué pour une large part à

améliorer les conditions d'existence d'un bon nombre de ces campagnards.

Le bilan d'un paysan des Alpes Maritimes est un problème qui me paraît souvent insoluble, me disait hier encore M. le Professeur Belle, car il vit littéralement de privations, surtout dans les montagnes peu accessibles.

Cependant, grâce à la création d'un syndicat laitier dû à l'initiative du professeur susdit et à la générosité bien entendue d'un propriétaire de l'arrondissement de Puget, Thenier, plusieurs de ces villages éloignés sont aujourd'hui dans une situation prospère.

Le syndicat du Haut Var, dont j'ai déjà entretenu la *Société scientifique* en sa 3e section, comprend aujourd'hui 7 communes groupées autour de celle de Guillaume, située près des fameuses gorges de Sian, décrites et figurées il y a deux ans dans le Journal La Nature. Ces gorges sont formées par le contact des falaises calcaires, du terrain secondaire inférieur et des terrains permiens et triasiques, dont les grès et les schistes rouges sont striés de veines de marbre blanc et produisent un effet fantastique surtout le soir au clair de lune.

Nous n'avons jamais observé dans les Alpes Suisses et Tyroliennes un contact aussi curieux. Les débris de ces roches sont charriés par le Var jusqu'à la mer qui se charge de les polir ; j'en ai rapporté quelques échantillons (1).

Les divers étages du jurassique et du crétacé donnent naissance à des marnes de toutes couleurs où l'on a créé des prairies artificielles, composées de diverses plantes fourragères comme le raygrass, la luzerne et le sainfoin. Rappelons en passant que les légumineuses

(1) Les échantillons des roches des Alpes maritimes rapportés et déterminés par nous ont été présentés à la troisième section de la Société scientifique en diverses séances, notamment en 1909.

jouissent de la propriété précieuse de fixer l'azote atmosphérique et d'accumuler dans le sol des matières organiques. Les paysans de ces régions ne récoltaient jadis sur leurs champs qu'un peu de blé et des olives. Ils nourrissent aujourd'hui un bétail bien adapté au sol et au climat. Plus de 400 vaches laitières fournissent chaque jour à la ville de Nice un beurre et un lait excellents, fabriqués dans la ville même avec des centrifuges mus par la vapeur.

Seulement, chose incroyable, on rejette le lait écrémé, ou on le donne, au lieu d'en retirer le fromage qu'il contient. Le fromage que nous avons retiré de ce petit lait, en le laissant reposer 24 heures, était d'ailleurs excellent.

Plusieurs pâtures des environs de Guillaume sont plantées d'arbres fruitiers, particulièrement de poiriers et de pommiers ; les pommes rainettes se vendent en moyenne 50 frs. les 100 kilogs sur le marché de la Riviera. Ces prairies sont traitées déjà, dans plusieurs villages, aux engrais chimiques dont les formules sont fournies par le Professeur départemental, promoteur du mouvement.

Un nouveau syndicat s'est formé depuis sur la frontière italienne dans les communes de Saorge et de Fontan, sur le Royat ; de l'avis des agronomes, il ne peut manquer de s'étendre aux communes environnantes des deux pays, jusqu'au col de Tende, où de beaux pâturages produisent du bétail et des moutons fort recherchés sur les marchés de la Riviera.

Jadis le marché de Nice s'approvisionnait, comme celui de Menton, de l'excellente viande produite sur les hauts plateaux des Alpes italiennes et du Piémont frontière. Mais les droits d'entrée ont entravé ces importations, et aujourd'hui toutes les villes du littoral méditerranéen, jusqu'à Menton, s'approvisionnent directement sur les grands marchés de bétail français,

ainsi que j'ai pu m'en assurer en visitant les abattoirs et en assistant à des concours de bétail où l'on voit notamment de forts beaux bœufs Nivernais et Charolais.

Il est incontestable que les droits d'entrée ont favorisé singulièrement en France l'élevage du bétail, comme ils ont favorisé la culture des céréales.

La ville de Nice, devenue la capitale de la Côte d'Azur, était autrefois cruellement éprouvée par la sécheresse, comme la plupart des villes de la côte, avant qu'on eût songé à capter les eaux de la Vésubie dans les Alpes Maritimes.

Toutes les crêtes, aujourd'hui couvertes de jardins et de villas, étaient stériles, comme les sommets des montagnes des environs, jusque Monaco. L'initiative d'un maire intelligent a littéralement métamorphosé l'aspect de la Corniche, en permettant d'irriguer partout les hauteurs de la ville et des alentours. La distribution d'eau de Nice peut être considérée, disait déjà en 1889 le Consul d'Angleterre, comme un modèle du genre. Elle permet d'amener l'eau des Alpes, sous une pression de sept atmosphères, jusqu'au sommet du Cimiez, l'ancienne capitale romaine, qui domine la ville de Nice.

Et depuis lors, ces mêmes eaux, traitées par l'ozone dans deux usines des deux côtés du Paillon, servent à alimenter la ville d'eau potable absolument stérilisée. Nous avons pu contrôler le fait *de visu*, à plusieurs reprises, en visitant ces usines et en vérifiant, sur l'invitation du Dr Beunat et du Dr Balestre, le résultat des analyses bactériologiques de l'eau au laboratoire municipal de la ville. D'ailleurs, le jugement que vient de rendre récemment M. le Dr Calmette de Lille au sujet de ce mode de traitement ne laisse plus aucun doute sur sa valeur quand on a pris soin, comme on le fait aujourd'hui à Rimiez, près de Nice, de filtrer

soigneusement les eaux avant l'ozonisation, car la présence des matières organiques entrave la destruction des microbes. Les cas de fièvre typhoïde ont sensiblement diminué depuis que la ville de Nice est alimentée de cette façon. Pendant l'une des dernières épidémies de choléra, certains quartiers de la ville de Gênes furent particulièrement éprouvés. On s'aperçut que l'un des trois aqueducs qui alimentent la ville avait été souillé par un torrent où les femmes lavaient le linge, comme à Nice dans le Paillon. Le choléra cessa dès qu'on eut ordonné la fermeture de cet aqueduc ; ce qui démontre la nécessité de surveiller tout d'abord les distributions et la pollution des eaux, particulièrement en temps d'épidémie. Cette surveillance laisse encore beaucoup à désirer, surtout en Italie sur la Riviera.

Mais l'abondance et la pureté de l'eau ne suffisent pas pour fertiliser le rocher, surtout quand il est formé de strates calcaires presque cristallines, comme celles de la Corniche. Il faut de la terre végétale, il faut des jardins suspendus comme à Babylone pour la contenir. Et ces jardins, taillés en gradins dans la roche vive, sont l'œuvre des habiles et infatigables tailleurs de pierre du Piémont et des laborieux jardiniers du littoral, qui ont transporté, le plus souvent sur leur dos, dans les sillons creusés parfois à la dynamite, la bonne terre rouge de la Méditerranée dont nous avons décrit ici même les propriétés en avril 1901, après analyse complète faite au laboratoire agricole de Gand. Les diagrammes coloriés de ces analyses faites par M. Nyssens à notre demande et sur nos indications ont figuré à l'Exposition de Bruxelles.

Voilà comment la Science, avec de la poudre, de la houille blanche, c'est-à-dire de l'eau, et une étincelle électrique a réalisé des miracles et est parvenue à créer en un demi-siècle cet Eden que l'on appelle aujourd'hui Côte d'Azur.

Ceux qui ont vu le littoral de la Méditerranée il y a quarante ans et qui se rendent compte des progrès réalisés depuis lors, non seulement au point de vue agricole et horticole, mais au point de vue esthétique et hygiénique, ne peuvent qu'admirer les conquêtes pacifiques réalisées en si peu de temps par les sciences physiques en dépit de la paresse, de l'indifférence et de la malpropreté des anciens habitants.

Car les vieux Ligures des Alpes Maritimes n'ont pas changé depuis deux mille ans. Tels ils étaient du temps d'Auguste qui parvint à les soumettre à l'Empire romain, après une résistance héroïque de plusieurs siècles (ce qu'atteste le monument de la Turbie au-dessus de Monte Carlo, dit trophée d'Auguste. Voir le livre récent de M. Casimir), tels ils sont encore aujourd'hui, à peu de chose près. Libres comme l'air parce qu'ils sont affranchis de la plupart des besoins qui nous tyrannisent sous nos cieux incléments, insouciants du vivre et du couvert, ne connaissant ni la cuisine, ni les soins de propreté, ni la préoccupation du lendemain. C'est la patrie de Garibaldi et de Masséna qui s'immortalisa au siège de Gênes en supportant héroïquement la famine pendant de longs mois, avec ses soldats de l'armée des Alpes.

On dirait vraiment, à les voir de près, que c'est le soleil qui les nourrit, car, nous l'avons dit, la ration alimentaire d'un paysan du Var ou des Alpes Maritimes est véritablement dérisoire; j'en appelle au témoignage des économistes, des officiers et des agronomes qui m'ont accompagné dans mes explorations comme M. Henri Rivière, de Paris, M. le commandant Bouillet, l'ancien compagnon de l'illustre Garnier au Tonkin et M. Belle, Professeur départemental des Alpes Maritimes. Un peu de pain, des olives, des courges, de l'ail et des fèves, quand ils en ont, voilà le menu quotidien

d'un grand nombre. Existe-il un plaidoyer plus éloquent en faveur du végétarisme !

Ce sont surtout des œillets que l'on cultive dans ces jardins suspendus aux flancs des rochers de la Méditerranée. Cette culture a pris une extension prodigieuse. La fleur coupée s'expédie jusqu'aux confins de l'Europe occidentale et septentrionale. Un hectare de roses peut donner jusque 10.000 fr. de produit net les bonnes années. La rose qui pousse partout comme le géranium, ne se cultive plus guère en plein air que pour la distillation, aux environs de Grasse et de Hyères, avec la violette, les narcisses, les giroflées, les chrysanthèmes blancs et jaunes. La culture sous verre se multiplie de plus en plus et permet aux innombrables horticulteurs de la Riviera de réaliser de beaux bénéfices, en dépit de la concurrence de l'Italie. Il est vrai qu'aux batailles de fleurs, les familles riches de toutes nations rivalisent de luxe dans l'ornement de leurs voitures et n'hésitent pas souvent à dépenser des milliers de francs pour fleurir leurs équipages. La culture des légumes laisse par contre beaucoup à désirer tout le long du littoral.

Les légumes, mal cultivés dans une terre calcaire, argileuse et ferrugineuse, sont en général trop fibreux et peu savoureux, sauf dans quelques endroits où les alluvions des rivières se prêtent mieux à leur culture, comme dans le département des Bouches du Rhône.

Nous sommes persuadés que les maraîchers belges pourraient produire là-bas, avec de grands bénéfices, certains légumes, tels que la chicorée witloof que les Français appellent improprement endive et qu'on fait venir à grands frais de Paris, comme la volaille de choix. L'élevage du poulet de Bruxelles serait non moins facile en hiver, dans une région aussi chaude et aussi tempérée. Nous avons tenté déjà de l'y introduire il y a trois ans, en faisant expédier des œufs à un

propriétaire du golfe Juan, et nous ne désespérons pas d'y parvenir, car ce poulet est très supérieur comme finesse et comme goût aux poulets de la Bresse et d'Italie qu'on sert dans les hôtels du littoral.

Pourquoi nos éleveurs et nos horticulteurs ne pourraient-ils pas imiter l'exemple de nos brasseurs? La *Bière Rubens*, bière belge brassée à Nice même, est aujourd'hui la plus répandue dans tous les environs. Une boulangerie belge s'est établie également dans la ville, où la fabrication du pain à la française laisse beaucoup à désirer; nous en appelons encore une fois au témoignage de nos compatriotes.

Les Belges et leurs industries sont d'ailleurs de plus en plus appréciés sur le littoral français où notre colonie prend depuis peu d'années une extension remarquable. Cela nous permet d'espérer qu'avant peu les malades pauvres pourront profiter de la charité de nos compatriotes riches pour trouver asile au pays bleu. Les Anglais ont déjà créé le long de la côte plusieurs asiles et hôpitaux pour leurs marins, sous le patronage de la Reine Victoria, et la ville de Nice offre du travail aux ouvriers nécessiteux. C'est là une œuvre de miséricorde qu'on ne saurait assez recommander à tous les heureux de ce monde qui peuvent accéder à la Côte d'Azur, tandis que nous restons plongés l'hiver dans les ténèbres extérieures, c'est-à-dire dans les brouillards glacés, si redoutés par les valétudinaires et les poitrinaires.

Pour en revenir à l'agriculture progressive du Midi de la France et de l'Italie, constatons que l'emploi rationnel des engrais chimiques dans l'alimentation des végétaux a donné lieu, depuis peu, à des recherches expérimentales d'une haute valeur, dans certains départements français et italiens.

Elles prouvent que les Américains ont singulièrement exagéré le rôle antitoxique de ces engrais au détriment

de la fonction alimentaire ; les lois de la nutrition végétale formulées par Liebig, Boussingault, Lauwes, etc. restent, à mon avis, indiscutables en principe. Cependant l'on ne peut nier l'action du charbon, de la chaux, du plâtre, du sulfate de fer, du sulfate de potasse, des superphosphates, dans la destruction ou l'atténuation de certains ferments ou microbes du sol. Dernièrement l'agronome des Basses Alpes, M. Foudart, en a fourni plusieurs exemples remarquables dans des conférences données à la Société d'Agriculture des Alpes Maritimes. Il a insisté sur ce point que les horticulteurs peuvent aujourd'hui tirer un bon parti de ces enseignements comme les agriculteurs. « Quelles que soient les raisons en vertu desquelles ces substances agissent, dit-il, il est important pour les horticulteurs d'y recourir. » C'est en effet dans les cultures spéciales, comme celles de la vigne et des fleurs, que l'on constate ici les effets parfois surprenants de l'addition de ces agents au sol arable.

Le sulfate de fer, par exemple, a eu raison, dans certains sols, du dépérissement de la vigne, en fort peu d'années. Il n'agit pas seulement en fournissant du fer à la chlorophylle, mais en produisant, dans les sols calcaires, une double décomposition donnant naissance à du sulfate de chaux et de l'acide carbonique. Les sels de magnésie produiront également une action bienfaisante dans les sols calcaires, s'il faut en croire de récentes expériences en cours. Cependant on constate que, dans les Alpes, les affleurements de roches serpentineuses donnent naissance à un sol complètement stérile. Il en est de même des roches infiltrées de manganèse, bien que cet élément joue un certain rôle dans la végétation.

Les horticulteurs du littoral attribuent aux intempéries de ces dernières années le dépérissement ou la mort des plus beaux arbres des parcs et jardins publics

attaqués par divers parasites, oubliant qu'on n'a guère songé à appliquer sérieusement dans leur culture la doctrine de la restitution. En effet, la plupart des jardiniers de la côte se bornent à des arrosages plus ou moins fréquents pendant les périodes de sécheresse. Ces arrosages sont souvent insuffisants sur un sol aride et calcaire, qui absorbe très difficilement l'eau en profondeur.

J'ai déjà appelé à plusieurs reprises l'attention des horticulteurs et de divers membres de la Société d'Agriculture des Alpes Maritimes et du Var sur ces données capitales. Mais l'habitude, comme disait Pascal, est toujours notre preuve la plus forte. J'en ai eu la preuve même à l'École d'horticulture de Versailles où l'on n'employait il y a peu de temps encore que le fumier pour la culture des divers arbres fruitiers et d'ornement, sans s'inquiéter de poursuivre des expériences précises sur l'action des divers engrais artificiels minéraux ou azotés.

Cependant les expériences que nous avons faites en Belgique, avec le concours de nos agronomes, ont donné des résultats concluants et les quelques essais que j'ai dirigés chez plusieurs propriétaires du littoral méditerranéen prouvent l'exactitude de ma thèse. Beaucoup d'arbres d'ornement introduits de Cannes ou du golfe Juan à Nice dans des conditions d'exposition identiques, n'ont pu s'acclimater, au grand étonnement des jardiniers qui croyaient avoir affaire à un sol identique. En réalité, le sous-sol est absolument différent et dès que les racines de ces arbres pénètrent dans ce terrain, ils ne trouvent à Nice que du calcaire ou de la marne, tandis qu'ils trouvent des roches riches en potasse, en magnésie et autres minéraux à partir d'Antibes et du golfe Juan, dans la direction de l'Esterel et de la Chaîne des Maures, où les porphyres ou les

gneiss, les micaschistes, les labradorites et autres roches éruptives abondent.

On trouve sur la côte, outre les gneiss et les porphyres, des affleurements alternants de labradorite, de pegmatite, de granulite et de serpentine. Or, on sait que les labradorites ne contiennent guère que de la soude avec de la chaux et la serpentine de la magnésie, tandis que les roches granitiques contiennent de la potasse et de la magnésie, combinée à la silice et à l'alumine, en proportion variable, suivant les espèces minérales qui les constituent. Des travaux récents ont montré que les granites à mica noir (biotite) ne donnent pas naissance à une terre aussi fertile que les granites de mica blanc (muscovite). M. Bieler fils, professeur à Lausanne, a mis ces faits en pleine lumière en réunissant les analyses et les expériences faites à ce sujet dans ces dernières années (1).

M. Bieler veut bien déclarer dans son rapport à la Société nationale d'Agriculture de France qu'on peut considérer désormais comme des expériences classiques les observations que nous avons exposées au Congrès de chimie appliquée de Rome en 1906 et qui sont confirmées par des chimistes russes et allemands : à savoir qu'il existe dans le sol des combinaisons silicatées de la potasse qui sont décomposées par les plantes et rendues solubles et assimilables, tandis qu'elles ne sont pas attaquées par les acides forts, sinon par l'acide fluorhydrique.

C'est ce qui nous a décidé, dès 1887, à donner par l'intermédiaire de M. Pierre Nyssens, aujourd'hui directeur du laboratoire de l'État à Gand, des instructions au laboratoire de Gembloux pour modifier la méthode, alors en usage, d'analyse des terres arables.

(1) Bulletin de la Société nationale d'Agriculture de France, 1906. Sur l'altération des minéraux de la terre arable, par M. Bieler-Chatelan.

M. Bieler constate comme nous que la fertilité naturelle des sols est en général sous la dépendance de l'origine des terres. M. Belle est du même avis. « Les multiples analyses effectuées jusqu'à ce jour dans les milieux les plus divers en témoignent surabondamment, dit-il. Les contours des cartes agronomiques se confondent le plus souvent avec les contours des formations géologiques. Il suffit en principe d'un nombre limité d'analyses sur échantillons prélevés judicieusement pour connaître la richesse des sols de même origine dans un milieu donné. »

C'est ce que nous n'avons cessé de répéter ici comme à la Commission de la carte agronomique, en dépit des contradictions, d'accord d'ailleurs avec M. le Professeur Stainier, M. de Lapparent, M. Vanden Broeck et d'autres ; mais nulle part cette vérité ne s'affirme d'une façon plus éclatante que dans les Alpes maritimes, où l'on trouve sur un espace relativement restreint des affleurements de terrains de toutes les époques géologiques.

L'action de la potasse sur la production végétale est moins appréciable à première vue que celle de l'azote et de l'acide phosphorique. Aussi lorsque Georges Ville formula, il y a 50 ans, la théorie des dominantes des plantes cultivées, rencontra-t-il de nombreux contradicteurs même dans le monde savant. On est bien forcé de reconnaître aujourd'hui qu'il ne s'était pas trompé sur ce point et que la potasse est bien la dominante de la pomme de terre, du lin, du tabac, de la vigne, c'est-à-dire l'élément qui doit prédominer dans l'engrais, comme nous l'avions affirmé et démontré par de nombreux champs d'expériences en Belgique et en Normandie avant et après 1880, date de la publication de la 1e édition de notre traité de chimie agricole.

Le chroniqueur agricole d'un de nos grands journaux

quotidiens confirmait dernièrement nos publications en ces termes :

« D'après des observations récentes, la potasse, comme l'acide phosphorique du reste, aurait une influence considérable sur les deux principales fonctions de la vie des plantes : respiration et assimilation chlorophylienne ; en l'absence de potasse les tissus cellulosiques seraient beaucoup plus développés aux dépens des tissus de soutien et du bois.

» M. Schribaux pense que la floraison des céréales est meilleure sous l'influence de la potasse ; cet élément favoriserait la formation de l'amidon et permettrait d'obtenir des grains plus gros et plus nourris.

» Certaines céréales absorbent difficilement la potasse, mais quand elles peuvent en trouver sous une forme soluble, l'action de celle-ci est parfois énorme. Les résultats obtenus à cet égard par Schultz à Lupitz et Dehérain à Grignon sont des plus convaincants. Barcker a réalisé, par l'emploi des engrais potassiques sur l'avoine, des augmentations de rendement considérables ; cette céréale paraît avoir, du reste, un système radiculaire lui permettant de tirer grand profit de la potasse qu'on lui donne. (C'est ce que nous avons mis particulièrement en lumière à Louvain avec le concours obligeant du Directeur du jardin botanique de la ville en 1884.) Dans des essais récents, entrepris sur différents sols, les engrais potassiques, particulièrement le chlorure de potassium, pour lequel l'avoine semble avoir une prédilection particulière, ont donné une augmentation marquée des récoltes (1).

» La pomme de terre a des exigences d'autant plus grandes en potasse qu'elle renferme plus de fécule ; elle

(1) Voir JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ CENTRALE D'AGRICULTURE DE BELGIQUE, 1886, nos expériences en grande culture aux portes de Louvain, exposées par M. O. Bolle sous le titre : *Des champs d'expérience et de leur utilité en agriculture.*

donne sous l'influence des engrais potassiques des excédents de rendements presque toujours certains. »

La potasse raffermit les tissus et préserve par le fait même la plante des attaques des parasites.

Ainsi que nous l'avons démontré, la pomme de terre jouit comme l'avoine de la singulière faculté d'utiliser et de mobiliser la potasse insoluble inattaquable par les acides contenus dans nos sables tertiaires et quaternaires. L'expérience en grand, faite en 1881 sur ma demande à Westerloo par mon collègue Demarbaix qui n'y croyait pas d'abord, fut tout à fait concluante. Elle a été souvent répétée depuis.

« Il existe différents engrais potassiques propres à l'emploi en agriculture. L'expérience a démontré jusqu'ici qu'on doit employer le chlorure de potassium pour l'avoine, le sulfate de potasse pour la betterave, la pomme de terre et le tabac, la kaïnite pour le lin et les graines. Ces engrais sont employés en automne et sont enfouis.

» On admet que les terres sont généralement suffisamment pourvues de potasse et cette assertion est corroborée par les données scientifiques et les analyses effectuées sur les sols de nombreuses régions à culture intensive. 2,5 pour mille constitue la quantité reconnue satisfaisante pour les céréales et les plantes industrielles. Mais il convient de ne pas observer absolument à la lettre les indications fournies par l'analyse, car elles conduisent parfois à des résultats très contradictoires. Telle terre renfermant moins de 1 pour mille de potasse ne donne rien avec les engrais potassiques, telle autre, au contraire, accuse une augmentation de récolte avec un dosage beaucoup plus élevé. »

Cette dernière observation a été confirmée par des champs d'expériences organisées par les agronomes de l'État, notamment par M. l'agronome Jadoul dans le limon Hesbayen riche en potasse insoluble.

Les racines et les tubercules ont une grande faculté d'absorption pour la potasse du sol ou du sous-sol et ils pourraient s'en passer dans l'engrais plutôt que les céréales.

Au point de vue de la restitution au sol, on confirme que la proportion de potasse doit être environ le double de celle de l'acide phosphorique, sauf pour les céréales plus exigentes en phosphore et en azote.

Le rôle important de la magnésie dans la nutrition végétale a été mis également en lumière par les expériences des agronomes en ces derniers temps, notamment en Campine où la restitution de la magnésie dans les sols sablonneux a produit des résultats très appréciables.

Nous avons aussi constaté le fait dans le limon Hesbayen décalcarisé par les pluies.

Il nous a suffi de le mélanger avec le limon sous-jacent, dit stérile, pour lui rendre sa fécondité, la magnésie étant descendue avec la chaux dans le sous-sol. On a également signalé dans ces dernières années le rôle du manganèse et d'autres métaux dans la nutrition végétale. Nous avons insisté sur ce point au Congrès de chimie appliquée de Rome en 1906 (1). Certains éléments, qui ne se trouvent dans les cendres des végétaux qu'à dose presque homéopathique, jouent certainement un rôle encore indéterminé dans l'élaboration des principes immédiats de la sève.

Cette opinion fut partagée par tous les chimistes et les professeurs qui faisaient partie de la section de chimie agricole au Congrès et j'eus le plaisir d'y voir confirmer aussi mes expériences de Louvain sur la fixation de l'azote atmosphérique, expériences si longtemps discutées et contredites en Belgique par des pro-

(1) Revue des Questions scientifiques, octobre 1906, Le Congrès de Rome.

fesseurs d'agronomie imbus des anciennes doctrines. Aujourd'hui on ne nie plus l'existence des plantes améliorantes qui enrichissent le sol de l'élément le plus coûteux de l'engrais tout en y accumulant des matières organiques, c'est-à-dire l'humus (1).

Combien de sables stériles n'ont pas été mis en valeur depuis lors, en Campine et ailleurs, par la culture du lupin et autres légumineuses fixatrices d'azote par leurs racines !

On s'est demandé souvent si le parasitisme n'est pas très souvent le symptôme de la misère physiologique des végétaux.

Nous restons persuadés que la multiplication des parasites qui entraînent la mort ou le dépérissement de beaucoup de plantes cultivées est due à l'insuffisance de la restitution minérale. Ainsi nous voyons la vigne attaquée successivement depuis un siècle par une série de cryptogames et d'insectes, tels que le phylloxera, la pyrale tordeuse et la cochylis des grappes, la cochenille, le gribouri, les altises et les divers cryptogames, oïdium, mildew, moisissure, etc.

Les orangers qui mûrissaient bien à Nice, il y a vingt ans, dépérissent aujourd'hui sous les attaques des cochenilles et des cryptogames.

M. Laurent, professeur à l'école de médecine de Reims, a démontré par de nombreuses expériences sur la vigne que les mélanges antitoxiques à base de cuivre, qui servent à détruire les germes des cryptogames, ont une action très différente suivant la variété des cépages, la nature des porte-greffes et des fumures, les pincements, etc.

Ainsi l'on observe que, dans un même cépage, l'exagération des fumures azotées diminue la résistance

(1) ANNALES, session d'avril 1900, Fixation de l'azote.

alors que les engrais phosphatés et peut-être aussi potassiques produisent l'effet inverse. Le même fait a été relevé dans l'évolution de l'oïdium de la pomme de terre.

Les ravages du Mildew sont aussi beaucoup plus importants dans les vignobles soumis aux tailles longues, c'est pourquoi on voit aujourd'hui partout en France les vignobles changer d'aspect, car on n'y pratique plus guère que la taille courte. Tout récemment M. Muntz de l'Institut agronomique de Paris a constaté que la vigne présente une immunité presque complète aux maladies cryptogamiques dès que la proportion d'eau dans ses organes s'abaisse au-dessous de 65 pour cent. C'est là une découverte capitale et qui explique pourquoi certains arbres, comme le platane, supportent impunément les plus fortes tailles dans le Midi, tandis que chez nous ils sont détruits par les cryptogames après les mêmes opérations.

L'art du cultivateur doit donc consister surtout à modifier intelligemment les qualités physico-chimiques des cellules où évoluent les germes microscopiques des champignons. A ce point de vue M. Muntz a mis parfaitement en évidence le rôle physique du sol dans la rétention de l'eau. « Entre le sol et les racines de la vigne, dit-il, comme entre le sol et les graines en germination, il y a lutte pour l'eau et les proportions d'argiles et d'humus contenues dans les terres ont une influence primordiale sur l'absorption de ce liquide. »

Les divers engrais modifient diversement la capacité de saturation du sol, peut-être en raison de leur action coagulante vis-à-vis de l'argile et de l'humus. Le nitrate de soude rend les tissus plus aqueux que le sulfate d'ammoniaque et l'action nuisible du fumier qui contient un excès d'azote est corrigée par l'épandage du superphosphate.

Si la potasse augmente la résistance aux gelées prin-

tanières, c'est probablement parce qu'elle favorise la concentration moléculaire et par le fait même la pression osmotique, qui est aussi la cause de l'immunité aux parasites.

On ne saurait assez appeler l'attention des agronomes sur ces belles études de physiologie végétale qui nous révèlent les causes des maladies des plantes ou de leur plus ou moins de résistance aux intempéries.

C'est ainsi qu'on a constaté aussi que le drainage et le phosphatage des prairies humides où sévit la cachexie des moutons, causée par un ver parasite, contribuent activement à la disparition des douves.

« Il est constaté, dit M. Audiffret à la Société nationale d'Agriculture de France, que notre troupeau ovin comme notre vignoble est aujourd'hui la victime de l'humidité. »

On sait que l'embryon de la douve du foie de mouton se développe dans un petit colimaçon (Lymnée) qui ne peut se multiplier sérieusement que pendant les années humides.

Or, tandis que le drainage enlève l'excès d'eau, l'engrais chimique caustique contribue à détruire la limace.

Dans une conférence que nous avons donnée ici même en 1884, nous avons relaté les expériences concluantes que nous avions faites à ce sujet quelques années auparavant chez M. le Baron de Moreau, notre ancien Ministre de l'Agriculture. Ces expériences, poursuivies depuis lors, ont été publiées récemment dans la Revue universelle des Sciences de Paris (1) et exposées de nouveau à la dernière réunion de la Société nationale d'Agriculture de France par M. Tisserand, président, ancien directeur de l'Agriculture, qui a bien voulu en donner lecture à l'assemblée.

Si l'excès d'eau est surtout préjudiciable aux cultures

(1) Numéro du 30 mars 1911 (bibliographie).

dans nos régions du Nord, l'excès contraire s'observe généralement dans le Midi, où la sécheresse est la cause principale de l'aridité du sol.

On observe, en effet, sur le littoral européen de la Méditerrannée, les mêmes phénomènes que sur le littoral africain et sur les grandes plaines ou les hauts plateaux de l'Amérique du Nord.

Ainsi l'on signale en Tunisie, comme au Mexique et dans le Far West américain, deux espèces de terres présentant des propriétés opposées : les terres sèches et les terres arides.

Les terres sèches où l'eau des pluies pénètre et s'accumule dans le sous-sol au détriment de la végétation superficielle.

Dans les terres arides, au contraire, l'eau ne pénètre guère, elle semble retenue à la surface par le feutrage des herbes décomposées des grandes prairies du Far West, qui sont couvertes de hautes graminées et de fleurs aux racines traçantes ainsi que de plantes grasses, comme les cactus, les agaves, les yucas. Ces dernières plantes jouissent de la précieuse faculté de résister à la sècheresse en s'endormant pendant les chaleurs à l'abri de leur épiderme coriace ; tandis que les graminées et les fleurs n'ont que le temps de pousser rapidement après la saison des pluies pour se dessécher ensuite.

Ces terres défrichées, qui conviennent à la culture du blé, ne se prêtent guère à la plantation des arbres, parce qu'il n'y a pas d'humidité dans le sous-sol, tandis que les terres sèches, plus arides en apparence, mais qui ont laissé filtrer les eaux pour les accumuler dans le sous-sol, donnent souvent de beaux produits arborescents, si on creuse des trous assez profonds pour atteindre les couches humides ou les nappes phréatiques (1).

(1) Bulletin de la Société nationale d'Agriculture de France, 1911.

Les Espagnols ont utilisé depuis des siècles ces propriétés des terres sèches en creusant des norias pour alimenter leurs superbes jardins comme à Valence.

On commence à faire de même dans le département des Bouches-du-Rhône, mais, chose curieuse, les habitants du Vaucluse n'avaient guère songé à creuser ces puits, avant d'utiliser les irrigations de la Durance.

L'évaporation des sols couverts de végétation est naturellement beaucoup plus considérable dans les pays chauds que dans les nôtres, de sorte que les sols, dont les grains secs s'imbibent difficilement et dont les interstices sont lents à se remplir, ne laissent guère passer l'eau des pluies. Tout dépend donc de la nature de ces grains, de leurs dimensions, de leur degré d'adhérence, de leur faculté d'absorption.

Suivant la qualité et la quantité des molécules calcaires d'argile ou de sable et les proportion d'humus les propriétés des sols varient ainsi à l'infini.

Un géologue allemand du siècle dernier qui a beaucoup étudié les roches des Alpes, Thurman, affirmait qu'il existe deux espèces de roches bien distinctes au point de vue botanique et cultural, les roches eugéogènes et dysgéogènes.

Les premières se décomposent facilement à l'air, les secondes au contraire offrent une grande résistance aux agents atmosphériques. La flore des premières est luxuriante et riche en plantes exigeant de l'humidité. La flore des autres est plus pauvre en espèces, et présente plus de plantes vivaces et de moindre taille.

La nature chimique de la roche lui paraissait jouer un rôle secondaire dans la végétation, parce qu'il avait observé que la plupart des plantes calcicoles poussaient sur les roches poreuses eugéogènes paraissant pourvues de calcaire ; dans ces roches l'eau séjourne plus longtemps à la surface, tandis qu'elle s'écoule rapidement par les grandes fissures verticales des roches dys-

géogènes jusqu'aux assises inférieures imperméables formées de marnes et d'argiles, pour jaillir en fontaine dans les vallées.

Ces deux types de roches existent nettement tranchés dans les Alpes Maritimes ; mais partout où l'on observe des plantes calcicoles, c'est-à-dire exigeant plus de chaux, on s'aperçoit que la roche silicatée contient cet élément ou que les eaux ont charrié à la surface du calcaire détritique.

La distinction entre les plantes calcicoles et silicicoles ne peut donc être niée, pas plus que la doctrine des dominantes, qui sert de base à la théorie de la restitution minérale dont l'évidence s'impose, à mesure que l'on découvre le rôle complexe et bienfaisant des engrais chimiques en agriculture, en viticulture, en floriculture et en sylviculture.

La carte géologique des Alpes Maritimes nous montre à droite et à gauche du Var des alluvions torrentielles dont on retrouve les traces depuis Antibes jusque Nice. Ces torrents résultant de la fonte des neiges et des glaciers des Alpes ont apporté sur la littoral des amas de cailloux roulés souvent très riches en arkose, en feldspath et en mica provenant des hauts sommets, et qui se désagrègent spontanément pour former de la terre végétale.

Ces poudingues s'élèvent parfois à des hauteurs considérables, notamment près de Nice où le Vallon obscur et les montagnes environnantes présentent des coupes de plus de cent ou deux cents mètres de ces formidables détritus des âges préhistoriques.

Le physicien Tyndall avait raison de comparer les glaciers à des machines destinées à broyer les roches pour fabriquer la terre et condenser sur leurs sommets neigeux l'eau qui doit servir à la féconder.

Cette eau, pompée par le soleil entre les tropiques et transportée par les vents au-dessus des océans, sur

les sommets des Alpes, régénère sa force vive dans nos usines en actionnant les moulins et les moteurs divers, qui engendrent la chaleur, la lumière, l'électricité, par de simples transformations de mouvement.

Le génie de l'homme utilise aujourd'hui ces inépuisables sources d'énergie, savamment captées et dirigées, pour engendrer l'effluve électrique et produire l'ozone qui détruit tous les germes pathogènes contenus dans l'air comme dans l'eau.

Ce formidable laboratoire de la Nature est particulièrement intéressant à étudier dans les Alpes et sur le littoral méditerranéen où s'accumulent les résidus de son travail séculaire.

J'ai rapporté plusieurs échantillons de ces poudingues qui présentent les compositions les plus variées, suivant la nature des roches dont ils proviennent. J'en ai même formé quelques collections pour les écoles afin de montrer toute l'importance de la géogénie au point de vue agricole.

L'Exposition de Turin mettra certainement en pleine lumière les rapides progrès réalisés par le peuple italien en matière d'agriculture, comme dans toutes les autres industries, et particulièrement au moyen des sociétés coopératives, des syndicats et des mutualités. Les dernières publications de l'Institut agronomique international de Rome, où je fus délégué par le Ministre, et celles des Unions Italiennes de Milan et de Plaisance pour la fabrication des engrais, des produits chimiques et le traitement rationnel du lait, permettront d'apprécier à leur juste valeur les résultats obtenus depuis peu par l'initiative individuelle secondée par les capitalistes et les savants. Les laiteries sociales et coopératives sont aujourd'hui plus d'un millier sur le territoire italien : 526 en Vénétie ; 221 en Lombardie ; 180 en Piémont ; 94 en Émilie, 14 dans les autres régions.

Toutes ces laiteries relèvent de la direction générale de Plaisance confiée à M. le Professeur Alpe de Milan.

Les fabriques de l'Union Italienne produisent aujourd'hui plus de 4 millions de quintaux de superphosphates, qui sont utilisés en grande partie pour la fertilisation des terres des régions incultes ou considérées jusqu'ici comme de médiocre valeur (1). D'autres fabriques monopolisent la production du matériel nécessaire aux vastes travaux de drainage et d'irrigation.

C'est surtout en Vénétie que les œuvres sociales agricoles, comparables à nos *Boerebonden*, ont pris un essor inespéré depuis dix ans, grâce à l'intervention intelligente des grands propriétaires catholiques, ainsi que me le faisait remarquer M. Thaon de Revel, récemment nommé Consul d'Italie à Trieste.

Je crois devoir appeler l'attention de la *Société scientifique* sur ces œuvres sociales qui ont enrichi les campagnes dans plusieurs provinces italiennes, sans que le Gouvernement italien ait été obligé de subsidier les associations agricoles aussi libéralement que chez nous. C'est surtout dans l'Émilie, dans les provinces de Ferrare, de Modène, de Parme, de Reggio, que les cultures aux engrais chimiques ont fait merveille en ces derniers temps. On y a fait aussi, sous la direction des ingénieurs des syndicats, de superbes travaux de dessèchement des marais.

Il suffit de jeter les yeux sur la carte jointe aux photographies de l'album l'*Unione Italiana* pour se convaincre que le grand élan qu'a pris le commerce des engrais chimiques en Italie est presque limité aux provinces du Nord et du Centre. Ailleurs, dans le Midi, malgré les efforts louables des professeurs, le paysan reste encore livré généralement à la tyrannie de la

(1) Le *sulfate de cuivre* donne lieu aussi à une fabrication importante de l'Union. Ce sel est employé en grande quantité en talie pour combattre les maladies cryptogamiques des plantes cultivées.

routine et par suite à la misère qui détermine des émigrations continues dans l'Amérique du Sud, en Afrique et ailleurs, et entraîne le dépeuplement très rapide des campagnes.

Le roi d'Italie a parfaitement compris la nécessité de lutter contre ce péril social par tous les moyens, notamment en profitant du séjour du fils du paysan à l'armée, pour lui inculquer les notions d'agriculture progressive. L'Italie s'est inspirée du programme que nous avons tracé il y a vingt ans sous le Ministère De Bruyn, mais elle l'a mieux appliqué que nous, car on a créé partout des champs d'expériences à côté des villes de garnison et obligé les officiers à s'intéresser aux efforts des agronomes et des professeurs départementaux.

Au mois de janvier dernier, s'ouvraient à Rome même les conférences agricoles aux soldats. Par ordre du roi, 2000 officiers et soldats assistaient à cette ouverture solennelle. Et j'ai pu constater, dans le Nord de l'Italie, combien les officiers s'intéressent aujourd'hui à cet enseignement, donnant eux-mêmes des conférences au besoin et exposant, dans les concours agricoles, des cartes agronomiques de la région tracées par eux ou des plans de drainage ou d'irrigation.

Si l'on avait donné suite, il y a vingt ans, à nos premières propositions, nous aurions dépassé l'Italie aujourd'hui et l'on aurait créé, à côté du camp de Beverloo, une ferme, école démonstrative, où les fils de nos paysans auraient pu s'initier sans efforts aux progrès de l'agriculture et de l'horticulture. Ainsi le séjour à l'armée, au lieu de dégoûter nos ruraux du métier paternel, servirait au contraire à leur en inspirer le goût et leur apprendrait les moyens de faire de la culture rationnelle et lucrative.

Dans les anciens États du Pape, il est intéressant aussi de relever la lutte contre les républicains et les socialistes ; en certaines régions, comme celle de Ravenne,

cette lutte a déterminé les grands propriétaires à prendre l'initiative des améliorations foncières nécessitées par la misère des campagnes, par l'élévation de la main d'œuvre et les exigences croissantes des cultivateurs et des ouvriers.

Chose curieuse, beaucoup de paysans locataires de fermes et de petits propriétaires ruraux se disent socialistes en Italie ; mais en réalité leurs exigences se bornent à réclamer la diminution de la rente des grands propriétaires à leur profit et c'est souvent parmi eux que l'on trouve les plus ardents défenseurs de la propriété et des privilèges des petits propriétaires. Ce fait m'a été confirmé récemment encore par un ancien Ministre italien, grand propriétaire dans le Centre de l'Italie.

La fabrication des conserves a pris aussi un grand essor en Italie depuis que la Maison Cirio a commencé à distribuer des graines de choix aux cultivateurs. Feu Cirio avait voyagé par toute l'Europe pour se procurer ces semences améliorées afin de produire des fruits et des légumes de bonne qualité. Aujourd'hui ce sont les syndicats qui distribuent les semences aux membres affiliés, mais, il n'existe pas encore de syndicats spéciaux, pour la fabrication des conserves ou la culture des légumes et des fleurs en Italie. Par contre il existe aujourd'hui 15 coopératives pour la vente des fruits et des légumes. Autour de Rome, on ne m'a signalé aucune association de ce genre. Il en est de même sur toute la Riviera pour la floriculture. Mais il existe des banques coopératives franco-italiennes, comme à Menton, qui permettent à l'initiative privée des cultivateurs, des commerçants en fleurs, légumes, etc., de prendre un essor remarquable depuis quelques années.

Notre consul à Nice pourrait fournir au besoin des renseignements plus détaillés à ce sujet.

Les agronomes italiens ont confirmé les renseignements que j'ai recueillis dans la province de Milan au sujet du déclassement redoutable des fils et des filles de paysans.

Les jeunes filles de la campagne s'efforcent, comme chez nous, de se placer dans les villes et d'obtenir des diplômes d'institutrice, en fréquentant les écoles normales, dont les programmes sont aussi surchargés que chez nous. Il en résulte les mêmes effets déplorables que j'ai signalés au Congrès de Fribourg (1) et ailleurs, non seulement au point de vue moral mais au point de vue physique, car la femme n'est pas faite pour supporter impunément le surmenage intellectuel.

Les Italiens admirent beaucoup nos Écoles Ménagères agricoles et s'efforcent de nous imiter avec succès, particulièrement en Vénétie, où le parti catholique a pris la direction du mouvement coopératif. On me demande des programmes et des renseignements détaillés sur ces écoles que je voudrais voir développer davantage dans plusieurs de nos provinces, conformément aux propositions que j'ai eu l'honneur de soumettre à Monsieur le Ministre et à son prédécesseur, car on ne doit pas oublier que ces écoles sont appelées à rendre d'immenses services au pays au point de vue social, en contribuant à arrêter la désertion de nos campagnes. Il ne faut pas se faire illusion, nos fils de fermiers ne trouvent plus guère de compagnes disposées à les seconder. C'est la ruine de l'agriculture à courte échéance si l'on ne prend des mesures énergiques pour la conjurer.

L'Institut international d'Agriculture de Rome, fondé en 1905 par le Roi d'Italie pour concentrer, étudier et publier les renseignements agricoles de toute nature,

(1) Voir mon rapport au Congrès 1908 dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, avril 1909, L'instruction et l'avenir de la femme à la campagne.

statistiques, techniques, économiques, et tenter de rétablir l'équilibre des marchés de céréales et de viandes, cyniquement exploités par les trusts au grand détriment des consommateurs, est entré dans une nouvelle phase d'activité depuis le renouvellement de sa direction.

Le 30 septembre dernier a paru le premier volume du BULLETIN DES INSTITUTIONS ÉCONOMIQUES ET SOCIALES.

Nous y trouvons des renseignements précieux, dont nous avons pu contrôler l'exactitude, sur les différentes formes de *coopératives rurales*, qui ont permis de réaliser si rapidement les progrès que nous avons signalés.

La coopération de *crédit*, l'une des formes les plus importantes des énergies coopératives en Italie, prit naissance dans les villes et précéda les *caisses rurales* proprement dites sous le nom de *banques populaires*.

Ces banques traitent de préférence avec les grands propriétaires et fermiers et leur ont permis de faire les avances d'argent nécessaires pour transformer leurs procédés de culture et favoriser la création des *caisses rurales*, qui s'adressent surtout aux petits cultivateurs.

En 1870 il n'y avait encore en Italie qu'une cinquantaine de banques populaires. En 1910, elles touchaient au nombre de 900 avec un capital social de plus de 260 millions et plus d'un demi-million de membres.

Les caisses rurales de prêts complètent dans les campagnes l'action bienfaisante exercée par les centres urbains dans les campagnes par les banques populaires.

Il existe aujourd'hui 1800 caisses rurales légalement constituées dans le Royaume, dont 1300 caisses catholiques et 500 neutres d'après les statistiques officielles.

Les caisses rurales *catholiques* se sont développées surtout, nous l'avons dit, dans la Vénétie, grâce aux efforts du Révérend Père Cerruti, au professeur Toniolo et du député Micheli ; toutes les caisses sont groupées en *fédérations provinciales et diocésaines* et

sont inscrites à la Fédération des caisses rurales catholiques à Bologne.

En Sicile, ces caisses confessionnelles jouent également un rôle prépondérant et contribuent singulièrement aux progrès agricoles.

Il existe aussi des fermages collectifs socialistes, visant à compléter l'action de résistance, dont les ligues sont le pivot, et à favoriser ainsi la lutte des classes. Tandis que les fermages collectifs catholiques se contentent d'être des instruments d'union entre les petits fermiers, les petits métayers et les paysans aisés (borgesi) sur lesquels ils s'appuient, ils visent surtout à supprimer les intermédiaires entre le petit cultivateur et le propriétaire. Chaque associé cultive en lots séparés les terrains loués collectivement ; ils font l'achat en commun des engrais et des machines.

Tous ces renseignements sont officiels et le BULLETIN DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE constate que les principes des socialistes n'ont pu être appliqués jusqu'ici qu'en très petite partie par les membres de leurs associations. De sorte qu'en fait les deux genres de coopératives se ressemblent beaucoup.

Tous les deux se réduisent en substance à des organismes qui substituent la masse compacte des paysans à un spéculateur, unique intermédiaire, qu'ils éliminent à leur profit et à l'avantage du propriétaire ; car ils sont souvent à même, en se groupant, de faire des offres plus fortes que l'ancien grand fermier (gabelloto) tout en donnant des garanties de paiement égales, parce qu'ils peuvent produire à meilleur compte et qu'ils sont assurés de la vente de leurs récoltes. « L'achat en » commun, dit le BULLETIN de Rome, cette branche » importante de la coopération agricole, est d'origine » récente, le développement des consortiums agricoles » ayant coïncidé avec la généralisation de l'emploi des » machines et des engrais chimiques. »

La Fédération des consortiums agricoles est actuellement la plus puissante organisation économico-agricole de l'Italie. Elle à son siège à Plaisance et compte aujourd'hui plus de 500 sociétés, et plus de cent mille membres. Elle publiera un annuaire à l'Exposition de Turin où seront mis en lumière les différents types de sociétés fédérées pour l'achat en commun.

Les assurances mutuelles contre les accidents, la grêle, l'incendie et la mortalité du bétail, sont particulièrement répandues dans le Nord, mais leur organisation est encore assez rudimentaire.

Il existe aussi des distilleries et des huileries coopératives qui augmentent en nombre d'année en année, mais les associations pour l'élevage du bétail sont encore à leurs débuts.

L'élevage des vers à soie ayant pris ainsi que celui des abeilles une grande extension dans certaines régions, on a créé aussi des coopératives pour le séchage des cocons et pour la vente du miel.

Enfin, au-dessus de tous ces organismes locaux, on en a placé deux ayant un caractère plus fédératif : la *Ligue nationale des sociétés coopératives italiennes* et la *Confédération générale des coopératives et des mutuelles agricoles*.

Cette dernière, qui est de date récente, a son siège à Rome. Elle a été fondée par les représentants de la Fédération des Consortiums, de l'Union nationale des Laiteries, de la Fédération des Caisses Rurales Italiennes et du Comité national pour la Mutualité Agricole.

Cette confédération se charge de défendre les intérêts généraux communs aux organisations mutuelles collectives, de coopérer à leurs progrès et de les représenter auprès des pouvoirs publics, de poursuivre avec unité et méthode tous les autres buts que ces associations se sont fixés. Elle a déjà organisé l'inspection

obligatoire des petites coopératives et des mutuelles agricoles.

La Ligue nationale des coopératives, fondée en 1886, avec siège à Milan, pour favoriser l'organisation de ces sociétés, a surtout pour but aujourd'hui de réclamer une législation qui réponde mieux aux besoins reconnus de ces divers groupements agricoles, de défendre leurs intérêts économiques et moraux et d'établir à cette fin des bureaux et des sections spéciales.

Son Conseil de Direction se maintient en contact avec les pouvoirs publics et les membres du Parlement. Elle organise les congrès régionaux, provinciaux et nationaux. Le Congrès national aura lieu à Rome cette année même. On estime que le nombre des coopératives adhérentes s'élèverait cette année au chiffre de 2000. Il n'était que de 586 en 1901.

Les titulaires des chaires ambulantes d'agriculture, qui sont pour la plupart des élèves sortis de l'École de Milan, ont contribué pour une très large part à faire la propagande en faveur de ces associations.

En Italie, la situation de ces agronomes n'est pas la même qu'en Belgique où ils sont généralement subsidiés par l'État. Bon nombre de ces professeurs sont rétribués par les fédérations elles-mêmes et possèdent ainsi, vis-à-vis du Gouvernement, une indépendance qu'ils n'ont pas ailleurs. On s'en aperçoit dans les congrès et concours régionaux où ils ne craignent pas de se faire l'organe des griefs de leurs sociétaires et des cultivateurs.

Cependant ce système présente aussi des inconvénients : c'est que, si l'agronome ne dépend plus du Ministère, il dépend souvent du bon plaisir des membres du bureau de sa société, et ceux-ci étant le plus souvent de gros propriétaires fonciers, il en résulte que les professeurs n'osent pas toujours dénoncer les abus qu'ils aperçoivent ; par exemple, quand il s'agit

du déboisement des montagnes, qui produit depuis quelques années de si redoutables inondations en Italie comme en France, car il n'est pas douteux que cette imprévoyance coupable est la principale cause de ces terribles fléaux dont les législateurs étrangers aux sciences naturelles n'ont pas su prévoir l'importance.

Il en est de même de la chasse : les maires et les préfets n'osent pas le plus souvent appliquer la loi de peur de mécontenter leurs administrés. D'où résulte la destruction progressive des oiseaux surtout en Italie et dans le Midi de la France. Seule l'Allemagne possède une véritable police rurale parce qu'elle ne craint pas d'investir en partie la gendarmerie de cette mission. En vain nous réclamons en Belgique depuis trente ans une organisation analogue. On nous répond que notre Constitution nous oblige à respecter l'autonomie communale. Mais quand il s'agit de mesures d'hygiène, on passe outre. Or, il ne s'agit pas seulement de la conservation des oiseaux, il s'agit de sauvegarder la propriété et la vie de nos ruraux toujours menacées aussi longtemps que nos campagnes ne seront pas mieux surveillées, surtout depuis que la loi Lejeune a favorisé le maraudage et le vagabondage des enfants en leur assurant l'impunité.

Dans la province de Turin cependant on a pris des mesures exceptionnelles pour protéger les oiseaux de passage, car la chasse au filet n'est permise qu'un seul jour par an, tandis qu'ailleurs on ne la surveille guère. Ainsi dans les Pouilles, où la misère est grande, les petits oiseaux les plus utiles, comme les hirondelles, les becs fins, les mésanges, sont impitoyablement détruits. Et dans le Midi de la France, la légende des chasseurs de casquettes n'est pas un mythe, car on voit rôder partout, même autour des villes, de ces nemrods armés de fusils à la poursuite des malheureux volatiles.

Qu'on le sache bien, toutes les mesures que l'on pré-

conise dans les Parlements comme dans les Congrès internationaux resteront inefficaces aussi longtemps qu'on n'atteindra pas le mal dans sa source, qui est l'insuffisance de police rurale. C'est ce que nous avons répété récemment encore à l'assemblée générale de l'Institut international d'Agriculture de Rome, où l'on a créé un bureau spécial pour la protection des oiseaux et l'étude des maladies des plantes cultivées dans le monde entier.

A ceux qui affirment avec certains naturalistes que les oiseaux ne jouent pas en agriculture un rôle aussi bienfaisant qu'on le croyait, nous opposerons ce fait que c'est précisément dans les régions où on les détruit que l'on voit apparaître ou se multiplier les insectes parasites destructeurs des récoltes. Ainsi la mouche de l'olivier, dont les ravages étaient limités jadis, s'est développée depuis dans de telles proportions que l'on renonce à faire la récolte dans certaines régions où les rochers ne se prêtent guère à d'autres cultures. Dans les environs de Nice, par exemple, aujourd'hui la misère règnerait dans bien des villages, si les habitants ne trouvaient à se placer en ville. Ici donc, comme au Congo, c'est une simple mouche qui chasse les habitants devant elle, en menaçant leur existence, parce que l'insecte ne trouve pas ou ne trouve plus dans l'oiseau l'agent providentiel destiné à limiter sa reproduction.

Ici, comme dans le déboisement inconsidéré des montagnes, nous voyons l'homme aveugle et avide rompre une fois de plus l'équilibre de la nature si merveilleusement établi par le Créateur.

Il ressort plusieurs enseignements de cette expérience sociale de vingt-cinq ans réalisée chez les deux races latines qui nous touchent de si près.

D'abord que, comme nous le disions en commençant, l'union du capital, du travail et de la science peut

réaliser des prodiges et transformer en fort peu de temps les conditions d'existence d'un pays ou d'une région déterminée.

Ensuite, que le succès ou l'insuccès de ces expériences dépendent non seulement du concours des trois grands facteurs essentiels, mais aussi des inspirations morales des hommes qui participent à ces créations.

Nous avons vu en Belgique l'essor magnifique qu'ont pris en peu de temps les *Boerenbonden*, dont nous devons la création à nos Ministres Schollaert et Helleputte, des fédérations libres du Hainaut, des Flandres, de Namur et du Luxembourg, et des œuvres sociales du Brabant. Nous avons eu le plaisir, il y a trois ans, de signaler ces résultats superbes à la tribune de la Société des Sciences, des Lettres et des Arts des Alpes Maritimes, et la presse locale de tous les partis a signalé avec impartialité les beaux résultats obtenus en Belgique par nos amis, en exprimant le désir de voir notre exemple suivi par les agriculteurs et viticulteurs du Midi.

Malheureusement, en France, l'antagonisme des classes semble paralyser plus qu'en Italie le mouvement mutualiste et syndical. Ainsi, l'on m'a signalé tel et tel syndicat de vignerons du Midi qui avait fort bien débuté pour remédier à la crise viticole, due en partie aux maladies qui se sont abattues successivement sur la vigne et à l'impunité des fraudeurs ; ces syndicats, nés de l'initiative des possesseurs de vignobles, n'ont pu prospérer ou ont succombé parce qu'ils ont eu à lutter contre les syndicats ouvriers qui conspuent les propriétaires.

En Italie, au contraire, nous avons vu que jusqu'ici les syndicats de cultivateurs de tous les partis, qui se sont constitués le plus souvent grâce aux efforts intelligents des grands propriétaires, s'entendent ou se secon-

dent même sous l'aiguillon du besoin dans plusieurs régions.

En Belgique, le mouvement syndical nous apporte des enseignements non moins suggestifs.

Dans une brochure, publiée à Bruxelles par M. l'abbé Jean Vossen, Aumônier de la Maison des Ouvriers, l'auteur constate que le mouvement syndical chrétien offre à l'ouvrier un excellent moyen de conserver la liberté du travail. Il constate notamment qu'à Gand, en 1902, la grève générale a été circonscrite parce que les syndicats chrétiens ont refusé de participer au mouvement et ont fait connaître leur volonté de rester au travail, tout en faisant valoir leurs légitimes revendications, appuyées énergiquement par leurs Aumôniers ou Présidents. Nous nous bornons à constater les faits. Il est certain que l'union du capital et du travail est le secret de la pacification sociale, quand ils sont fécondés par la science et par la charité véritable, qui ne se bornent pas à prêcher l'altruisme dans de beaux discours visant à hypnotiser les foules, mais qui prêchent d'exemple.

Encore une fois, nous ne voulons, à cette tribune scientifique, que nous livrer à une étude impartiale des phénomènes sociaux et des phénomènes de la nature. Nous avons le droit, au nom de la Science, de constater et d'enregistrer les résultats des expériences sociales comme des expériences agricoles qui s'y rattachent si intimement.

D'ailleurs des hommes qui ne sont pas suspects de sympathie cléricale n'ont pas hésité, en Belgique comme ailleurs, à conclure dans le même sens. Il n'y a pas si longtemps que La Chronique de Bruxelles publiait en première page un article de M. Cauderlier où il rendait un éclatant hommage aux *Boerenbonden* et aux œuvres sociales catholiques. Nous en avons cité

plusieurs passages au Congrès agricole de Leuze en 1907.

On ne peut nier, sans nier l'évidence, que depuis vingt-cinq ans les Ministères qui se sont succédé en Belgique ont favorisé de toutes façons ce bel essor de l'industrie agricole par la diffusion de l'enseignement professionnel que l'on admire à l'étranger. Il suffit, pour s'en convaincre, de lire les témoignages si flatteurs que nous rendent à chaque instant les journaux français et italiens. Ce qui ne veut pas dire qu'il ne reste plus rien à faire ; au contraire, nous sommes persuadé que le moment est venu de se montrer plus généreux que jamais pour favoriser cette classe de travailleurs qui font vivre et enrichissent la nation sans épuiser le sol, comme le font d'autres industries plus favorisées jusqu'ici.

C'est une thèse que nous ne cessons de plaider depuis que nous avons eu le bonheur de rencontrer à la Société centrale d'Agriculture de Belgique d'abord, à la Société scientifique ensuite, des hommes de cœur et de foi, qui savent que, seule, l'Agriculture crée ou régénère l'énergie, emmagasine la force solaire, tandis que l'industrie et le commerce transforment et transportent les éléments et les produits de notre richesse nationale.

Ils savent aussi que c'est dans nos campagnes, et non dans nos villes et dans les centres industriels, que se refait et que se régénère le sang des nations.

Il y a vingt-sept ans, M. Eudore Pirmez, l'éminent Ministre d'État, publiait une brochure intitulée : *La Crise* qui eut en Belgique un grand retentissement, où il plaidait la cause de l'Industrie, en affirmant que l'Agriculture n'avait pas besoin de protection, même en temps de crise. Nous répondîmes à ce brillant paradoxe par une autre brochure intitulée : *La crise Agricole et l'Avenir de l'Agriculture* où nous rappelâmes comment cette industrie primordiale avait été sacrifiée

jusqu'alors aux autres industries parce que les législateurs, peu ou point initiés aux sciences naturelles, n'avaient pas et ne pouvaient pas avoir conscience des lois qui président à l'équilibre économique des sociétés nouvelles, transformées subitement par les merveilleuses découvertes de la physique, de la chimie et de la biologie.

Cette thèse parut alors fort hardie. Encore une fois nous eûmes à subir des critiques violentes et passionnées de la part de ceux dont nous ne discutions pas le talent ni les mérites, mais la formation première. Nous revînmes à la charge au Congrès international de Paris en 1889 et au Congrès de Budapest en 1896, où nos opinions reçurent un tout autre accueil, même de la part de certains députés ou anciens ministres qui n'avaient fait que des études de droit.

Notre discours fut traduit en allemand et en hongrois, et cependant nous avions osé parler de cette insconscience des lois naturelles de la vie des nations qui se trahit particulièrement dans la répartition des impôts et la confection des lois fiscales, entravant aveuglément les progrès de l'industrie agricole, notamment de la sucrerie, de la brasserie, de la distillerie. Nous avions voulu préciser cette fois et montrer comment, jusqu'il y a vingt-cinq ans à peine, chaque fois pour ainsi dire qu'une découverte de la chimie, de la physique ou de la mécanique permettait à l'une de ces industries agricoles de faire un pas en avant, le législateur avait opposé, sans le savoir, des entraves aux applications tentées par les savants. Je concluais, comme au Congrès de Paris, en proposant d'inscrire dorénavant, au programme de nos écoles de droit, un cours de philosophie naturelle, comme disent les Anglais, c'est-à-dire une série de conférences sur les principales applications des découvertes de la science à l'agriculture, à l'industrie, à l'hygiène, à la sociologie.

J'avais déjà, dès la première année de la création de notre société, soulevé un débat de ce genre à cette tribune. MM. de Lapparent, Carbonnelle, de la Vallée Poussin, Gilbert, et d'autres savants défunts y prirent part. Et depuis lors nous n'avons cessé de rompre des lances ici et ailleurs, notamment avec notre cher secrétaire perpétuel, M. le professeur Mansion, pour obtenir l'introduction des sciences naturelles, bien enseignées, d'une façon pratique, et non purement livresque, au programme des humanités classiques.

Si nous avons rencontré des contradicteurs éloquents et convaincus, nous avons aussi eu le bonheur de trouver ici même des partisans décidés de nos idées soi-disant révolutionnaires, notamment M. le professeur Degive, ancien Président de l'Académie de médecine et M. le professeur Lebrun, de l'Université de Gand, sans compter plusieurs collègues de Louvain, tels que MM. les docteurs Debaisieux, Dandois, Verriest, etc.

Le débat est ouvert ; c'est M. le docteur Lebrun qui s'est décidé cette fois à descendre dans la lice pour combattre le bon combat, et nous sommes persuadé que lorsqu'on l'aura bien compris on se rendra à la valeur de ses armes.

Malheureusement cette question vitale, on peut le dire, a le privilège de passionner tellement les combattants que parfois, dans le feu de l'action, on ne calcule pas toujours la portée de ses coups et l'on prête à l'adversaire des intentions ou des arrière-pensées qu'il n'a point.

C'est ainsi que l'on m'a accusé bien des fois de vouloir remplacer l'étude des langues anciennes par celle des langues modernes et des sciences naturelles. Or, il suffit de relire mon livre : *La Réforme des humanités*, qui résume toutes mes publications et toutes nos discussions sur ce point, pour être édifié à cet égard.

C'est un procédé de polémique par trop simpliste que de combattre une thèse en l'exagérant à plaisir.

Les découvertes des sciences naturelles n'ont pas seulement amélioré nos conditions d'existence au point de vue social comme au point de vue individuel. Elles ont jeté sur les rapports de l'âme et du corps des lumières inattendues, insoupçonnées. Et peut-être que les découvertes d'un Pasteur, qui ont fait reculer la mort et permis d'arrêter ou de vaincre les plus terribles épidémies, sont peu de chose en regard de ces autres découvertes de la biologie qui nous révèlent la structure et le jeu de ressorts de la vie physique et intellectuelle : les fils qui nous font mouvoir et qui nous font souffrir, comme disait si bien Claude Bernard.

Nous nous sommes plu à rappeler maintes fois à ce sujet la pensée de l'abbé David, le célèbre missionnaire lazariste, qui contribua pour une si large part à faire mieux connaître la faune de la Chine.

« Le talent naturel seul, ce qu'on nomme inspiration, intuition, peut faire des littérateurs, des poëtes, des artistes. Mais ceux-ci, qui peuvent parfois remuer le monde, le laissent au point de vue intellectuel où ils l'ont trouvé.

» Seule la persévérance des hommes de science parvient à déchirer quelques lambeaux du voile sous lequel Dieu a caché la vérité naturelle et à élargir réellement la sphère où s'agite l'esprit humain. »

Le *vir bonus bene dicendi peritus* est désarmé dans la lutte pour l'existence au XXe siècle. Il ne suffit pas d'un prix de rhétorique pour vaincre aujourd'hui dans la bataille de la vie toujours plus âpre, dans nos sociétés trop denses et démoralisées. Il faut autre chose et surtout il convient d'étudier ces lois qui régissent la vie matérielle des individus et des nations, dont nos ancêtres n'avaient qu'une idée très confuse, il faut bien le reconnaître. Or, la capacité de saturation du cerveau

est limitée. Ce que la nature dépense sur un point, elle l'économise sur un autre. C'est ce que bon nombre de pédagogues de l'ancien régime semblent toujours ignorer, à voir la façon barbare dont ils surchargent encore aujourd'hui les programmes d'études, de façon à engendrer fatalement un surmenage quelquefois mortel; n'est-il pas navrant, par exemple, de voir à quel régime on soumet ces pauvres femmes qui vont péniblement dans des écoles normales chercher à décrocher le diplôme de régente ? Combien en sortent avec leur santé ou leur intelligence intactes ? Nous avons posé cette question brûlante au Congrès international des écoles ménagères de Fribourg, et nous avons pu nous assurer que la grande majorité des membres partageaient entièrement notre manière de voir. Et c'est ce qui fit approuver les programmes de nos écoles ménagères agricoles, où les lois de l'hygiène sont enseignées et respectées, où le travail des bras compense utilement le travail de l'esprit, où nous avons pris pour devise l'axiome toujours violé dans tant d'autres écoles : *non multa sed multum.*

La nécessité de réformer les anciens programmes, pour les adapter aux nouvelles conditions d'existence de la société moderne, saute aux yeux de tous ceux qui savent voir et qui ne sont pas étrangers aux découvertes de la Science. Que serait l'agriculture, que serait l'industrie, que serait la médecine, que serait l'hygiène de nos villes et de nos campagnes, sans les applications de cette science trop longtemps dédaignée des anciens pédagogues, absorbés par l'étude des langues mortes ou des civilisations éteintes, qui représentent l'enfance de l'humanité ? Quand, il y a 30 ans à peine, on prononçait dans certains cercles littéraires le mot de sociologie, on souriait d'un air indulgent et l'on se bornait à admettre la science de l'économie politique. Nous avons fait bien du chemin depuis lors.

Le tableau que nous avons essayé de tracer des progrès si rapides réalisés en Italie par les agronomes et les professeurs de sciences naturelles ne montre-t-il pas la pressante nécessité de s'initier de bonne heure à ces connaissances qui nous révèlent le mécanisme des rouages de la vie individuelle et sociale ?

Un ancien Ministre français bien connu nous disait un jour, au Ministère de l'Agriculture de Paris : « Si la France marche à la banqueroute, l'Italie fera certainement banqueroute avant nous ». Il y a 20 ans de cela. Or, l'Italie a refait ses finances, malgré les désastres sans précédent et l'entretien ruineux de son armée et de sa flotte, tandis que la France se trouve acculée par ses dépenses au point de se croire obligée de faire main basse sur le milliard chimérique des congrégations. Ce ne sont pas les avocats, politiciens mais les professeurs de sciences physiques et naturelles qui ont réussi à opérer ce prodige, en transformant en peu d'années l'agriculture, l'industrie et le commerce italiens. La Société scientifique de Bruxelles tient à honneur de montrer que, contrairement aux affirmations de nos adversaires, nous ne sommes pas des rétrogrades et que notre foi ne nous empêche aucunement de marcher avec le progrès et de proclamer hautement les triomphes de la science moderne : « *nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest* ».

Seulement, nous voulons le prouver par nos actes et non pas seulement par nos discours, contrairement à certains tribuns qui s'affublent du manteau de la science pour conduire cyniquement les nations aux abîmes et à l'anarchie, tout en se dérobant au moment critique.

Ce sont bien là les abuseurs du peuple dont parlait Bossuet.

Pardonnez-moi, Messieurs, de m'être écarté un moment des objets spéciaux de cette causerie. En réalité, ces considérations générales ne constituent pas

une véritable digression, car la question de la fertilisation du sol se rattache aussi intimement à l'état moral qu'à l'état matériel des classes rurales.

Gambetta a dit un jour : « Il n'y a pas de question sociale, il n'y a que des questions ».

J'ai répondu au Congrès de Budapest que ce grand rhéteur se trompait à mon avis ; que la question sociale par excellence, c'est la rupture de l'équilibre entre les villes et les campagnes par suite d'une protection trop longtemps exclusive de l'industrie et du commerce aux dépens de l'agriculture. La conséquence fatale de cette erreur économique des législateurs formés dans les écoles de droit, fut, comme je le signalais il y a 30 ans déjà à cette tribune, l'hypertrophie des villes et le dépeuplement progressif de nos champs, où la main-d'œuvre fait de plus en plus défaut, où les fermiers ne trouvent plus de femmes capables ou désireuses de les seconder, plus d'ouvriers pour faire la moisson.

Une conséquence plus terrible encore, et non moins inéluctable, c'est la diminution toujours croissante de la natalité, en raison directe du développement anormal des grandes villes et de l'affaiblissement des principes religieux. Le fait est constaté et proclamé aujourd'hui par des médecins et des statisticiens qui ne sont ni catholiques, ni religieux. Encore une fois, ce n'est pas là une opinion personnelle, c'est une réalité brutale qui saute aux yeux de tout le monde.

Dans ces tristes conjonctures, que reste-t-il à faire au législateur prévoyant ? La réponse s'impose, nous semble-t-il, et l'on doit rendre à nos chefs qui ont créé le Ministère de l'Agriculture cette justice qu'ils ont mieux compris que leurs devanciers le péril social qu'il s'agit de conjurer. La presse étrangère se plaît d'ailleurs, nous le répétons, à leur rendre périodiquement cet hommage.

« Dans aucun pays du monde, écrit le Professeur Wagner d'Ettelbrück, dans le journal de la Société Royale d'agriculture allemande, le progrès agricole depuis un quart de siècle n'a été aussi intensif et aussi rapide qu'en Belgique et cela notamment sur le terrain des associations agricoles. L'organisation du commerce des principaux produits agricoles n'y est pas moins parfaite : le cheval belge a, pour ainsi dire, fait la conquête du monde à l'heure qu'il est, grâce à l'organisation éclairée, méthodique et appropriée de son élevage et de sa vente. L'enseignement agricole y est organisé sur les bases les plus larges, tant dans les écoles publiques que dans les écoles privées. La Belgique est devenue pour ainsi dire la terre classique de l'enseignement ménager agricole. Cela est d'ailleurs reconnu par les partisans et les adversaires du régime scolaire en Belgique, par tous les étrangers indistinctement (1). »

Cette appréciation impartiale nous venge, croyons-nous, de tous les pamphlets dont la passion politique a dicté l'inspiration aux adversaires du Gouvernement.

A. Proost.

(1) Cet article a été traduit et publié l'an passé dans le Journal de la Société centrale d'Agriculture de Belgique.

SUR

LES QUATRE PROPRIÉTÉS PROVIDENTIELLES

DE L'EAU

En 1880, j'ai fait, à l'Académie, une lecture ayant pour titre *Voyages et métamorphoses d'une gouttelette d'eau* (1) ; à cette occasion, j'ai examiné successivement comment, voyageuse infatigable, la gouttelette ne s'arrête dans aucune contrée ; comment elle a fait partie des vastes bassins des mers ; par quelle action mystérieuse elle a été dissociée en une infinité de parcelles invisibles, s'est élevée dans l'atmosphère, a parcouru d'immenses étendues dans l'espace, puis a été ramenée à la figure d'une perle liquide, ou métamorphosée comme par enchantement en une parcelle d'une fine aiguille de glace ; dans quelles circonstances elle a quitté les régions aériennes pour retomber sur la terre sous forme de pluie, de neige ou de grêle ; enfin comment elle a fini par regagner ses compagnes de l'Océan pour recommencer ses métamorphoses et ses pérégrinations. En cherchant à découvrir l'origine de sa puissance, j'ai tâché de soulever un coin du voile qui couvre les fonctions si belles et si nombreuses qu'elle remplit dans la nature.

Dans le travail que je viens de rappeler, je n'ai pas signalé les propriétés pourtant tout à fait exception-

(1) Bull. de l'Acad. Roy. de Belgique. 2me série, t. L, n° 12, 1880.

nelles et extrêmement importantes pour l'humanité tout entière. C'est pourquoi je crois bien faire en complétant l'énumération des services que nous rend partout et toujours le corps à la fois le plus commun et le plus répandu. C'est assez dire que je le regarde plus que jamais comme le plus digne de notre admiration, malgré la vulgarité qui nous laisse indifférents au milieu de toutes les merveilles dont nous sommes entourés, et qui cependant sont les plus propres à rendre manifestes la bonté et la toute puissance du Créateur.

En conséquence, je vais passer en revue les quatre qualités fondamentales de l'eau, au point de vue du rôle qu'elle joue dans les grands phénomènes de la nature. Car les exploits de la gouttelette énumérés plus haut ne sont possibles qu'en vertu des propriétés exceptionnelles dont je vais m'occuper successivement.

I

Et d'abord, sans devoir citer les vastes bassins des mers, je puis dire que l'eau est répandue partout où l'homme peut supporter le climat, dans les régions glacées du Nord comme dans les pays tropicaux ; les champs de neige et de glace, qui couvrent les montagnes, finissent toujours par descendre dans les vallées, par s'y fondre et par alimenter les nombreux ruisseaux qui se réunissent dans des cours d'eau déversés dans les rivières et dans les fleuves. Faut-il citer encore les jets d'eau qu'on peut faire jaillir même dans les contrées les plus arides, en creusant le sol jusqu'à la profondeur des nappes souterraines reposant sur un fond imperméable, et communiquant avec des réservoirs situés plus ou moins éloignés et à une plus grande hauteur ? Ne savons-nous pas qu'on obtient souvent ainsi une provision d'eau suffisante pour la formation

graduelle d'une véritable oasis ? Quel admirable spectacle que celui d'une île de verdure au milieu d'un désert réputé d'abord inhabitable !

Après avoir rappelé plus haut les exploits de la gouttelette d'eau dans ses nombreux voyages et métamorphoses, je crois être en droit d'affirmer que le liquide extraordinaire qui fait l'objet de cette étude rend des services signalés dans tous les lieux habitables du globe.

II

Abordons maintenant une autre propriété caractéristique de l'eau : elle consiste en ce que, comme on sait, ce liquide en se refroidissant ne se contracte pas d'une manière constante : il y a donc une température où le volume de l'eau est moindre qu'à toute autre : c'est alors que sa densité est la plus grande.

Suivant des expériences très exactes et fort nombreuses, par lesquelles on a déterminé le poids de l'eau distillée contenue dans un cylindre de cuivre à diverses températures, ce maximum de densité se trouve à très peu près à 4°,4 centigrades au-dessus de zéro. Dans les traités de physique, on n'insiste pas assez sur la haute importance de ce fait expérimental, pourtant bien riche en conséquences.

Pour préciser davantage, supposons que la température de l'air atmosphérique décroisse par degrés à partir de 15° c. ; dans ces conditions, les couches supérieures d'un cours d'eau, par exemple, deviendront plus lourdes que celles du dessous, et descendront jusqu'au fond pour être remplacées par d'autres couches moins froides et par conséquent plus légères ; de là, dans toute la masse, un mouvement continu qui se ralentit à mesure que la température extérieure se rapproche de + 4° c. ; bientôt les couches supérieures, ayant atteint cette tem-

pérature, cessent de descendre pour faire place à des portions venues du fond. Et qu'arrive-t-il lorsque le froid devient plus vif et que la température descend jusqu'à 3°, 2°, 1°, 0° ou même au-dessous ? Alors les tranches superficielles, devenues de plus en plus légères, restent conséquemment au-dessus, même si elles se congèlent, puisque la glace a un poids spécifique inférieur à celui de l'eau. Or comme l'eau et la glace sont de très mauvais conducteurs de la chaleur, les différentes portions encore liquides du cours d'eau considéré ne pourront se refroidir que très lentement. C'est pour ce motif que les canaux et les rivières ne peuvent que rarement se congeler jusqu'au fond, ce qui est éminemment favorable aux poissons et aux êtres organisés qui habitent les cours d'eau.

Qui ne connaît cette preuve si décisive de la conductibilité très faible de l'eau? L'expérience consiste à disposer une source de chaleur dans le voisinage immédiat des couches supérieures du liquide contenu dans un vase rempli jusqu'à 30 ou 40 centimètres du fond ; il faut alors des heures pour que la température des couches inférieures s'élève très notablement. Au contraire, si l'on chauffe le fond du vase, comme on le fait toujours dans l'économie domestique, le liquide voisin du fond se dilate, devient plus léger et monte constamment pour être remplacé par des couches supérieures plus froides. Dès que les portions inférieures ont la température d'ébullition, tout le monde sait qu'alors ces couches en traversant les parties plus froides se condensent et produisent un bruit particulier qui annonce la prochaine ébullition du liquide dans toute la masse.

Mais, dira-t-on, qu'importe le maximum de densité de l'eau douce dans l'économie générale de la nature ? N'y a-t-il que ce liquide qui jouisse de cette propriété ? En réalité, l'eau salée, comme l'eau de mer, a également un maximum de densité ; seulement elle se con-

tracte jusqu'à 2°,1 c. au lieu de 4° c. comme l'eau pure ; à partir de 2°,1 l'eau salée se dilate jusqu'au point de congélation. Il suit de là que la formation de la glace à la surface des mers polaires sera nécessairement retardée, puisque jusqu'à 2°,1 c. ces couches refroidies sont constamment plongées au fond ; cet effet ne cesse qu'au moment où toute la masse profonde de la mer a atteint cette température limite de 2°,1 c. Au contraire, si l'Océan boréal consistait en eau douce, le liquide refroidi à la surface, au lieu de descendre, resterait au-dessus des couches plus chaudes et plus denses à 4° c., et la mer polaire se couvrirait prématurément d'une immense et épaisse couche solidifiée. On voit par là que le sel dissous dans la mer a le pouvoir de modérer notablement l'intensité de l'hiver boréal.

A l'instant de la congélation, l'eau salée, aussi bien que l'eau pure, se dilate et devient plus légère, et sa différence de poids devient d'autant plus grande que les portions salines se séparent davantage de l'eau congelée. Or la glace, étant un mauvais conducteur de la chaleur, protège le liquide inférieur contre l'influence du froid intense de l'hiver, et empêche sa pénétration à de plus grandes profondeurs. Si la glace était plus lourde que l'eau, le fond de la mer des hautes latitudes se couvrirait déjà de glace dès le début de la rude saison ; pendant tout l'hiver polaire, de nouvelles couches glacées tomberaient au fond, et finalement la plus grande partie des mers boréales formerait un immense bloc de glace.

A la vérité, il y a encore quelques autres corps qui se dilatent en se refroidissant au-dessous de 0° ; tels sont le fer fondu, le bismuth, l'antimoine, le soufre. Mais ces différents corps, relativement peu abondants, sont beaucoup meilleurs conducteurs de la chaleur que l'eau et la glace, et, de plus, ne possèdent pas les

autres propriétés qui distinguent l'eau d'une façon si remarquable, et dont je m'occuperai plus loin.

Je rappellerai ici que, dans les hautes régions boréales, toutes les plantes sont soustraites pendant longtemps à l'influence des froids intenses de l'hiver, grâce à la faible conductibilité de l'épaisse couche de neige sous laquelle elles demeurent plongées pendant des mois. C'est ainsi qu'à la latitude de 78°50', le grand explorateur Kane a constaté que la température de l'air étant de — 33°,6 C., un thermomètre enterré à 60 centimètres de profondeur était monté à — 21° C. ; à une profondeur de 1m,20 il marquait — 16° C. ; à 2m,50 de profondeur il marquait — 3°,2 C., c'est-à-dire une température à peine au-dessous du point de congélation.

Des résultats aussi merveilleux ne sont pas dus exclusivement aux propriétés de l'eau ou de la neige, car les énormes couches glacées qui sont accumulées les unes au-dessus des autres renferment entre leurs fines lamelles des quantités innombrables de particules d'air, et l'on a prouvé depuis longtemps que ces petites provisions gazeuses qui sont logées entre les cloisons cristallines sont de très mauvais conducteurs de la chaleur, et s'opposent ainsi avec une efficacité incroyable au refroidissement graduel et croissant d'une couche du tapis neigeux jusqu'à d'autres couches plus profondes. Voilà pourquoi, malgré le froid glacial qui est capable de congeler le mercure, les plantes se reposent bien longtemps dans une immense chambre à air dont la partie inférieure est relativement chaude. On conçoit donc qu'en été les régions glaciales puissent être ornées de fleurs et les orchidées de la Sibérie rivalisent avec celles des tropiques et surtout avec celles des Alpes. Même dans la Nouvelle-Zemble, les explorateurs ont rencontré quelques endroits privilégiés où, grâce à la neige préservatrice et à la chaleur esti-

vale qui lui succède, la nature paraît avoir répandu sur le sol toute sa splendeur florale. C'est ce qui a été affirmé notamment par le voyageur von Baer qui put jouir de la surprise de rencontrer un tel jardin dans le désert au pied d'une haute montagne schisteuse, dirigée vers le Sud et exposée aux rayons solaires ; l'intrépide explorateur eut alors la bonne fortune inespérée de pouvoir admirer les vives couleurs des silènes, des renoncules, des cerastiums et jusqu'aux humbles myosotis.

Chose bien remarquable, c'est que, si dans les régions boréales il ne tombait que des pluies glacées, c'est-à-dire si les vapeurs répandues dans l'atmosphère ne se transformaient pas en légers flocons de neige, mais en gros grêlons, beaucoup de terrains du Nord qui, dans les conditions actuelles, sont couverts en été d'une riante végétation, offriraient le triste spectacle de rochers complètement dénudés.

Les énormes masses neigeuses qui, en hiver, rendent les hautes cimes du Nord absolument inaccessibles, peuvent-elles disparaître par l'action solaire seule ? Non certes ; dans les Alpes comme dans les contrées du Nord, la grande mobilité de la neige facilite singulièrement la chute rapide des avalanches. A peine la chaude haleine du printemps a-t-elle fait naître une série de petits ruisseaux d'eau condensée, ceux-ci glissent sur les couches glacées des roches, et s'y congèlent de nouveau ; or la glace occupe un volume plus grand que celui de l'eau transformée ; et quel est l'effet de cette recongélation ? C'est qu'une multitude de manteaux glacés qui recouvrent les terrasses rocheuses sont soulevés, brisés et finalement précipités dans la vallée avec un bruit assourdissant. Il est bien entendu que ces derniers phénomènes se présentent surtout au-dessous de la limite des neiges éternelles : à mesure qu'une portion de ces dernières s'évapore dans l'air

très avide de vapeur ou de particules glacées, elle est bientôt remplacée par de nouvelles couches de neige.

Je crois inutile d'insister davantage sur le grand nombre d'applications du maximum de densité et de la faible conductibilité de l'eau ; j'espère toutefois que les pages précédentes permettront au lecteur d'apprécier l'importance exceptionnelle de ces propriétés si éminemment caractéristiques.

III

Quelle est la 3me propriété exceptionnelle de l'eau ? Elle consiste en ce que, comme tout le monde le sait, l'eau s'évapore spontanément à l'air libre ; et pourtant un volume d'eau distillée à 4° c. pèse 770 fois plus qu'un même volume d'air à 0° et à la pression d'une atmosphère, et la vapeur invisible s'élève dans l'air, parce qu'un litre de cette vapeur ne pèse que les $\frac{6}{10}$ du poids d'un litre d'air à la même température et à la même pression. Mais on est tellement habitué à ces faits si extraordinaires qu'on est loin d'en apprécier suffisamment les nombreuses conséquences.

Pourquoi l'eau s'évapore-t-elle spontanément ? On a cru, jusque dans ces derniers temps, que l'évaporation n'est due qu'à l'action directe de la chaleur; sans doute, les rayons solaires, par exemple, rendent cette évaporation plus rapide ; mais la vapeur invisible monte dans l'air, même pendant la nuit ; l'eau froide, même glacée, la glace elle-même s'évapore. Quelle est la cause de cet effet si mystérieux ? Ainsi que j'ai tâché de le démontrer il y a plus de 17 ans (1), la constitution de l'eau n'est pas la même à l'intérieur de la masse que dans les

(1) *Sur la cause commune de la tension superficielle et de l'évaporation*, Bull. de l'Acad. R. de Belg., t. XXVI, pp. 37-71, 1893.

couches superficielles : à l'intérieur, le liquide est dans un état de compression bien plus grand que dans la couche excessivement mince qui est en contact avec l'air ambiant. Or l'excès de compression intérieure se propage à travers le liquide, et écarte entre elles les particules les plus voisines de la surface ; voilà pourquoi ces parcelles infimes laissent des intervalles suffisants pour permettre aux particules gazeuses de pénétrer dans l'eau et aux molécules liquides de quitter la surface pour se répandre dans l'atmosphère en vertu de leur légèreté spécifique. En effet, chose bizarre, la vapeur invisible provenant d'un liquide 770 fois plus lourd que l'air ordinaire, est plus légère que ce dernier, comme je l'ai dit plus haut, elle ne pèse que les $\frac{62}{100}$ du même volume d'air.

Pour plus de simplicité, mouillons, par exemple, une ardoise ; aussitôt elle deviendra noire (1), si on la place alors à l'ombre, même quand la température est assez basse et que l'air ambiant ne se déplace pas, on pourra constater qu'au bout d'un certain temps, l'ardoise sera tout à fait sèche. Que s'est-il passé dans la mince couche liquide qui recouvrait la surface du solide ? Le voici : chaque particule de la petite masse d'eau est attirée par l'ensemble de toutes les particules qui l'enveloppent à

(1) Ainsi que je l'ai prouvé il y a déjà bien longtemps, l'ardoise, les pierres, les pavés, etc., présentent à leur surface, quand ils sont secs, une infinité de petites rugosités et de fentes minuscules ; or chaque particule solide qui fait plus ou moins saillie, reflète ou diffuse un peu de lumière, et c'est l'ensemble de tous les rayons diffusés qui communique une teinte plus ou moins claire à l'ardoise, aux pavés, au sol desséché ; mais aussitôt que la surface de ces corps est mouillée, ne fût-ce que d'une couche liquide excessivement mince, tous les creux sont remplis et la surface primitivement rugueuse est remplacée par une surface continue, parfaitement lisse et se conduisant absolument comme un miroir très propre, qui ne nous fait apercevoir un point lumineux que dans la direction du rayon réfléchi régulièrement par sa surface et provenant d'un rayon incident parti du point lumineux lui-même ; tous les autres rayons issus de points obscurs de l'espace ambiant ne peuvent donc produire aucun éclairement pour nos yeux.

l'intérieur, et seulement par les parcelles comprises dans une portion de sphère quand la particule considérée est trop près de la surface de séparation du liquide et de l'air. Il est entendu que la sphère dont il s'agit a pour diamètre le double rayon d'activité de l'attraction moléculaire. Or on comprend sans peine que la compression due à l'ensemble des actions élémentaires sera la plus grande à l'intérieur de la couche, parce que là la sphère agissante est complète ; la compression produite est la plus faible quand la particule attirée est le plus près possible de la couche d'air ambiante ; mais les liquides sont d'une élasticité parfaite ; c'est pourquoi la compression la plus forte se transmet de proche en proche jusqu'à la surface libre. Et quelle est la conséquence de cette transmission ? Évidemment c'est que les particules de la couche superficielle, qui n'a au plus que $\frac{1}{20000}$ mm. d'épaisseur, seront écartées entre elles, de sorte que les parcelles gazeuses pourront se loger dans le liquide, et chasser ainsi les particules infimes qui s'élèveront dans l'air à l'état de vapeur invisible, et cela, comme je l'ai dit plus haut, en vertu de leur légèreté spécifique. Or ces actions se succèdent sans interruption, car toute portion de vapeur détachée est immédiatement remplacée par une autre soumise aux mêmes forces de compression venant de l'intérieur de la petite masse ; voilà pourquoi le phénomène de l'évaporation est continu.

Il va de soi que l'écartement des particules dans le sens horizontal, c'est-à-dire parallèle à la surface mouillée, doit donner lieu à une tension dans toutes les tranches élémentaires constituant la couche superficielle ayant $\frac{1}{20000}$ mm. d'épaisseur : la résultante de toutes ces tensions élémentaires constitue ce qu'on a appelé à juste titre la tension superficielle du liquide

considéré ; pour l'eau distillée à 15° c., cette force est égale à 7,5 milligr. par bande de 1 millim. de longueur et de 1 millim. de largeur.

D'après cela, on peut calculer, comme je l'ai dit en 1880, la quantité de travail emmagasiné dans la couche superficielle des eaux de la mer supposées pures ; si l'on admet que celles-ci occupent les trois quarts de la surface du globe, on est conduit à un nombre exprimant une énergie suffisante pour soulever 18 000 kilogr. à une hauteur de 150 000 kilom. Si un kilogr. d'eau pouvait se subdiviser en sphérules n'ayant qu'un dix millième de millim. (la double épaisseur de la couche active), le cortège entier de toutes les sphérules serait doué d'une énergie équivalente à plus d'un million de fois celle d'une sphère unique de même poids. On dirait vraiment que la puissance de l'eau augmente à mesure que les parcelles qui s'en détachent deviennent plus petites. Or c'est précisément cette subdivision extrême qui se réalise dans le fait de l'évaporation continue des eaux de la mer. Et quelle est la puissance merveilleuse qui opère cet incroyable fractionnement des eaux ? C'est la pression des portions intérieures contre la couche superficielle déjà en contact avec l'air ; cette pression qui se manifeste jour et nuit est encore augmentée par la chaleur solaire. Ainsi s'opère un travail muet mais irrésistible qui détache constamment des millions et des milliards de sphérules invisibles dont l'énergie potentielle n'a pu s'acquérir que par une perte correspondante de chaleur. Sous ce rapport l'eau est un véritable réservoir calorifique ; il ne faut pas s'en étonner, car c'est le corps qui, comme on le verra plus loin, exige le plus de chaleur pour en élever la température.

Faut-il dire encore que la vapeur invisible de l'eau transporte virtuellement une provision étonnante de chaleur et de travail ? Qu'en s'élevant dans l'air elle se déverse vers les pôles, elle y modère la rigueur du froid,

et qu'en se dirigeant vers les régions tropicales, elle y répand son action salutaire contre les chaleurs excessives ? Faut-il rappeler qu'en se condensant sous forme de pluie ou de neige elle produit de la chaleur et de l'électricité ? A cet égard, je devrais signaler le concours si nécessaire des grains de poussière répandus partout et toujours dans l'atmosphère, du moins à moins de 5 kilom. de hauteur. Je pourrais ajouter que la vapeur d'eau protège la terre contre l'influence du rayonnement nocturne, et insister sur ses fonctions si frappantes dans la formation de la rosée et dans l'imbibition du sol. Enfin, je pourrais chanter les merveilles qu'elle accomplit dans la fécondation de la terre. Mais je ne veux pas prolonger la liste des services éminents que rendent l'eau et sa vapeur à l'humanité tout entière, aux animaux et aux plantes. Je regarde donc comme justifié le rang privilégié qu'assigne à l'eau sa propriété exceptionnelle de sa vapeur dans l'économie générale de la nature.

A propos de l'évaporation des eaux de la mer, je crois intéressant de rappeler que ces eaux contiennent à peu près 3 à 4 °/₀ de leur poids de sels ; le chlorure de sodium (sel de cuisine) s'y trouve en quantité à elle seule aussi forte que la somme des poids réunis des autres sels, tels que chlorure de magnésium, de calcium, de sulfate de soude, de magnésie, de chaux, etc.

Le but essentiel de la présence des sels dans la mer, paraît être non pas d'empêcher toute infection si nuisible aux êtres vivants, ce que les grands mouvements des eaux rendent impossible, mais bien de régulariser l'évaporation. Car il faut bien remarquer que l'eau salée s'évapore moins vite que l'eau pure ; plus il y a de sel dissous, moins l'évaporation est rapide. Il s'ensuit que la présence du chlorure de sodium empêche la production trop marquée des vapeurs qui montent au-

dessus des mers tropicales, et cela d'autant plus que les portions salines s'approchent davantage de la surface.

Mais, dira-t-on peut être, qu'importe le degré de pureté de la mer quant au bien-être de l'humanité ? L'importance que l'on mettrait en doute à cet égard est au contraire très considérable ; car si les eaux de la mer n'étaient pas salées, les masses de vapeur invisible qui s'élèveraient dans l'air, et par conséquent les condensations qui s'effectueraient dans l'atmosphère seraient beaucoup plus considérables que dans les conditions actuelles. Dès lors, il est certain qu'une grande partie du globe serait exposée à des ondées redoutables et incessantes, ce qui rendrait le séjour de l'homme extrêmement pénible. S'il en est ainsi, n'avons-nous pas encore une fois à remercier l'Ordonnateur suprême de toutes les merveilles de la nature ?

On peut se demander comment se maintient la provision de sel dans les eaux de la mer ; à cet égard, je me propose de consacrer un petit article spécial, où j'exposerai peut-être en même temps la façon dont se conserve la quantité d'air dissous dans les mers, malgré les variations de pression et de température ; on sait combien l'air dissous dans l'eau est nécessaire pour la respiration des êtres vivants aquatiques.

IV

Actuellement je vais aborder la quatrième propriété fondamentale de l'eau ; les conséquences qui en découlent pour l'économie générale des continents et des mers sont vraiment incalculables ; je veux parler du grand pouvoir calorifique du liquide à la fois le plus commun et le plus répandu ; en effet, c'est l'eau qui parmi tous les corps usuels doit absorber le plus de

chaleur pour que sa température s'élève par exemple de 0° à 1° C.

Pour plus de clarté, rappelons ici une expérience classique qui permet de constater la faible chaleur spécifique du mercure : mélangeons 1 kilogramme de mercure à 100° C. avec 1 kilogramme d'eau à 0° ; la température finale du mélange ne sera que de 3° C. ; il suit de là que la chaleur perdue par le mercure ne fait gagner que 3° à l'eau ; la chaleur spécifique du mercure n'est donc égale qu'à $\frac{3}{97}$ ou 0,031. Réciproquement, si l'on mêle 1 kilogramme d'eau à 100° avec 1 kilogramme de mercure à 0°, on trouve 97° pour température du mélange, c'est-à-dire qu'un kilogramme d'eau à 3° peut chauffer 1 kilogramme de mercure de 0° à 97°. Voilà par conséquent un fait qui démontre la grande puissance calorifique de l'eau.

La plupart des métaux ont également une chaleur spécifique très faible. Cette remarque fait comprendre sans peine que l'eau en grande masse peut être regardée comme un réservoir inépuisable de chaleur ; aussi les immenses bassins des mers qui couvrent les trois quarts de la surface du globe fournissent des quantités de chaleur vraiment prodigieuses. Sous la zone torride, la température de la mer est constamment de 25° à 27° C. à la surface, et diminue quand la profondeur augmente ; dans les régions équatoriales comme dans les régions tempérées, la température de la mer à de grandes profondeurs se maintient entre 1°,7 et 3°,5. Et pourquoi n'y observe-t-on pas celle du maximum de densité, soit pour l'eau salée environ 2° C ? On attribue cette particularité à l'effet des courants sous-marins qui portent vers l'équateur les couches froides des mers polaires, tandis que des courants chauds se dirigeant de l'équateur vers les pôles atténuent l'intensité du froid des hautes latitudes.

Il serait trop long d'insister sur le grand nombre de faits particuliers où le pouvoir calorifique de l'eau joue un rôle capital ; il me paraît plus intéressant et surtout plus démonstratif de rappeler les considérations que j'ai émises en 1880 (1) sur l'origine de la puissance du Gulfstream, c'est-à-dire de l'immense courant de la mer que le célèbre Maury décrit comme « un fleuve au sein de l'Océan qui dans les plus grandes sécheresses jamais ne tarit, dans les plus grandes crues jamais ne déborde, dont les rives et le lit sont des couches d'eau froide entre lesquelles coulent à flots pressés des eaux tièdes et bleues (2) ». Sans doute je n'ai rien à retrancher des remarques que j'ai énoncées à ce sujet ; mais je tiens à ajouter un complément que je regarde comme indispensable, et qui concerne précisément la propriété en vertu de laquelle l'eau absorbe ou cède beaucoup plus de chaleur que tout autre corps, à masse et à température égales.

Avant de comparer les résultats que l'on constaterait avec d'autres liquides que l'eau, rappelons d'abord en quelques mots comment varie la température dans le grand courant équatorial qui produit le Gulfstream en sortant du golfe de Mexique. Tandis que près du fleuve Gabon sur la côte occidentale de l'Afrique, la température n'est que d'environ 23° C. à cause de l'afflux de l'eau froide venant du Sud, il y a un échauffement graduel jusqu'à 28° sous l'influence du soleil tropical. Sur les côtes du Brésil, le courant se divise et envoie l'une des branches, qui a des dizaines de lieues de largeur, le long du Brésil et de la Guyane. Bientôt cette énorme masse liquide en mouvement se resserre entre le groupe des Petites Antilles, traverse la mer des Caraïbes, puis se resserre encore une fois en s'échauf-

(1) Bulletin de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XLVII, n° 4, 1880.

(2) Voir le renvoi fait au début du présent article.

fant toujours, dans le canal de Yucatan, longe ensuite les côtes du golfe de Mexique, en charriant d'immenses quantités de sable qui, au lieu de diminuer sa force vive, ne font que l'exalter à la surface. Entre la Floride et l'Ile de Cuba, les eaux non seulement se resserrent énormément, mais encore viennent buter contre le grand banc de Bahama; par ces accumulations successives et prodigieuses de surface et de profondeur perdues, le courant qui prend dès lors le nom de Gulfstream a acquis une température plus élevée et une énergie de mouvement qui dépasse toute expression ; aussi ses eaux notablement plus chaudes que celles qui les bordent latéralement et en dessous s'élancent avec une vitesse relativement bien grande le long de la côte américaine, parcourent ensuite des centaines de lieues en s'élargissant toujours, et par là sont retardées en même temps qu'elles se refroidissent lentement ; dans la région du grand banc de Terre-Neuve, elles possèdent encore une température de plus de 17° C., tandis que celle des couches voisines atteint à peine 9° à 10°.

Une pareille constatation n'est-elle pas vraiment surprenante ? Car le courant n'a fait que s'élargir, ce qui devait nécessairement le ralentir et lui enlever beaucoup de chaleur. Comment comprendre la raison d'être d'un fait aussi inattendu ? Si je ne me trompe, il s'explique naturellement par le grand pouvoir calorifique de l'eau, en vertu duquel une masse froide ne s'échauffe qu'avec difficulté dès que la source de chaleur ne se trouve pas au-dessous ; or c'est précisément ce qui n'arrive pas dans le voisinage du banc de Terre-Neuve ; car le bord septentrional du grand courant est longé par une portion du courant arctique, portion qui sert de limite boréale au Gulfstream. D'autre part, celui-ci repose sur des couches d'eau froide dirigées vers le Sud, et douées d'une conductibilité très faible. Ainsi se manifeste clairement l'énorme influence

exercée par la grande capacité calorifique de la mer, influence que je n'avais pas signalée dans mon travail de 1880.

A partir du banc de Terre-Neuve, le courant d'eau chaude devient encore beaucoup plus large, et avant d'arriver au méridien des Açores, se partage une fois de plus en deux branches : l'une est dirigée vers les côtes de l'Irlande et de l'Écosse, et pénètre en partie dans la mer Arctique, où l'on peut reconnaître ses dernières traces jusqu'au delà du Spitzberg et de la Nouvelle Zemble, grâce à des épaves qui proviennent des régions tropicales. L'autre branche se dirige vers le Sud, sur le côte de l'Afrique, passe en partie par le détroit de Gibraltar, tandis que la partie principale regagne le golfe de Guinée, pour se mêler enfin avec le grand courant équatorial. Voilà la marche générale de ce fleuve majestueux qui, plus profond qu'aucun fleuve terrestre, se fraie sa route à travers l'Océan !

Les considérations qui précèdent font aisément comprendre pourquoi les côtes occidentales de l'Europe sont plus chaudes que les côtes orientales des États-Unis : en effet, sous l'influence des vents si fréquents du Sud-Ouest, des masses énormes d'eau chaude dont la température est encore de 17° à 18° au banc de Terre-Neuve sont dirigées vers la France, l'Angleterre, l'Irlande et même l'Écosse ; au contraire les côtes orientales de l'Amérique du Nord sont baignées par une partie du grand courant arctique, amenée à gauche et en dessous des eaux chaudes du Golfstream ; c'est ce qui permet aux navires américains de transporter aux Indes de grandes cargaisons de glace.

Quel plus bel exemple pourrait-on choisir pour montrer les effets du grand pouvoir calorifique de l'eau ? Ce pouvoir dépasse de beaucoup ceux de tous les corps pondérables usuels ; inutile de comparer les caloriques spécifiques des métaux qui ne sont que des

fractions infimes de celui de l'eau ; quant aux liquides, nous ne citerons que l'essence de térébenthine (cal. spéc. 0,434), l'alcool (cal. spéc. 0,6), le sulfure de carbone (0,24) et l'éther (0,53) ; mais on ne peut s'imaginer un fleuve formé par des masses colossales d'un liquide très volatil comme l'alcool ou l'éther ; les vapeurs si nuisibles qui se répandraient dans l'atmosphère seraient extrêmement nuisibles non seulement à l'homme, mais encore aux plantes et aux animaux. Il me paraît impossible de méconnaître ici une providence qui a imposé des propriétés aussi extraordinaires au liquide le plus utile en même temps que le plus commun, à l'eau ordinaire. C'est le cas de rappeler l'inscription qu'un grand chimiste allemand, Wöhler si je ne me trompe, avait fait graver en tête de la liste des corps pondérables, dans l'auditoire où il donnait ses leçons : *Deus omnia disposuit cum numero, pondere et mensura* (1).

Faut-il allonger encore la présente communication pour montrer combien les conséquences du grand pouvoir calorifique sont importantes et souvent inattendues ? Je ne le pense pas, et je passe à la conclusion que je crois devoir tirer des considérations générales qui précèdent.

V

Lu d'abord, l'exposé succinct des propriétés exceptionnelles que le Créateur semble avoir voulu accumuler sur l'eau comme sur un corps de prédilection, me permet de constater que je n'ai rien à rétracter de la péroraison sur laquelle j'ai pris congé de mon héroïne de 1880, et que je n'hésite pas à reproduire ici :

« Adieu donc, petite gouttelette », lui disais-je en terminant, « continue à manifester ton pouvoir magique

(1) *Livre de la Sagesse*, XI, 21.

sur terre et sur mer ; avec tes sœurs, couronne encore les cimes des montagnes, arrose et féconde les vallées, travaille sans cesse au développement des plantes et des animaux, et assure le bien-être de l'humanité ; sois l'emblème de la douceur et de la majesté, de la douceur quand tu prends part au léger murmure du ruisseau, de la majesté lorsque ta petite voix se mêle à la voix retentissante de la mer ; fais toujours la joie de l'enfant qui te façonne en bulle aux teintes superbes et le bonheur du savant qui parvient à t'arracher un de tes mille secrets ; obéis à toutes les lois qu'a établies pour toi le Créateur ; contribue à embellir les tableaux de la nature, soit en dessinant les riches couleurs de l'arc-en-ciel, soit en offrant à nos yeux ravis le spectacle des feux de l'aurore et du crépuscule ; portée par les vents ou par les flots, répands partout tes innombrables bienfaits ; en un mot, par ton exemple admirable, inspire à l'homme qui veut parcourir dignement sa carrière, l'amour du vrai, le culte du beau et la pratique du bien ! »

Aujourd'hui comme il y a trente ans, je salue avec reconnaissance et avec respect cette substance privilégiée qu'est l'eau, avec ses qualités tout à fait providentielles ; puisse-t-elle accuser toujours sa présence en tous les lieux de la terre ; conserver le mérite de devenir plus légère à mesure que le froid augmente au-delà d'une certaine limite ; faire présider sans cesse sa vapeur à tous ses exploits, à ses voyages et à ses métamorphoses ; être toujours fière de fournir le réservoir le plus utile et le plus inépuisable de la chaleur de notre globe ; enfin, par son activité prodigieuse, faire naître dans le cœur de l'homme, le désir ardent d'aimer et de servir l'Ordonnateur suprême des merveilles qui font l'objet constant de notre admiration !

G. Van der Mensbrugghe.

LES

Indices des progrès économiques

DE LA BELGIQUE

de 1880 à 1908 (1)

(Suite et fin)

VII

OBSERVATIONS SUR LA MÉTHODE (2)

La méthode générale des *Index-numbers* a, comme on le sait, trouvé non pas seulement des fidèles, mais aussi des détracteurs. Même lorsqu'elle est appliquée à la détermination d'un phénomène observé dans une direction unique tel que la hausse ou la baisse générale des prix, on a élevé contre elle des objections. A plus forte raison devait-on en soulever, lorsque la méthode vise un phénomène d'une extrême complexité. Après l'exposé que nous avons fait, nous croyons utile de rencontrer quelques difficultés et de préciser à la fois notre point de vue et les limites du débat.

(1) La première partie de cet article a paru dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, tome XIX, 20 avril 1911, pp. 353 à 400.

(2) Ce paragraphe a été ajouté au texte du Mémoire lu devant la *Société royale de statistique* de Londres.

Nous avons, au début de ces pages, caractérisé le problème et posé les conditions dans lesquelles il se présente. Un maître de la statistique, M. de Foville, analysant le mémoire que nous avons communiqué à la Société royale de statistique de Londres, résume la question en quelques lignes lapidaires qu'on aura plaisir à relire ici : « il s'agirait, écrit-il, de faire dire à la statistique quelle est, à un moment donné, ou comment a varié d'une époque à une autre, la prospérité matérielle d'un peuple, sa santé économique si l'on peut s'exprimer ainsi. Des vicissitudes générales de cet organisme complexe qu'est une nation, les divers organes dont il se compose ressentent plus ou moins l'influence ; et, réciproquement, on doit pouvoir, par voie de synthèse, remonter du jeu des fonctions particulières, attentivement observées, à la marche de l'ensemble, au rythme collectif qui fait alterner, dans la vie des sociétés, les vaches grasses et les vaches maigres. »

Que cette synthèse, à coup sûr hérissée de difficultés, soit finalement possible, c'est ce que M. de Foville ne met pas en doute, car, dit-il, « le problème cherche sa solution depuis un quart de siècle et, tôt ou tard, il la trouvera : solution purement empirique peut-être, mais assez approximative pour que la science et même la politique ait le droit et le devoir d'en tenir compte (1) ».

La condition la plus essentielle, pour que la méthode donne les résultats dont elle est susceptible, est évidemment que tous les indices utilisés aient une signification économique. A ce point de vue, on a paru douter que les indices groupés dans la première division de notre *Index* sous le nom d'indices démographiques et moraux pussent marcher de pair avec les autres. « Quelle est

(1) La météorologie économique et sociale, *Les progrès de la Belgique depuis trente ans*, L'ÉCONOMISTE FRANÇAIS, numéro du 18 mars 1911 (Voir aussi le n° du 1er avril suivant).

au juste, s'est-on demandé, la portée d'un *Index-Numbers* qui combine les mesures des changements économiques et les mesures des changements d'ordre moral ? »

L'objection n'est pas péremptoire, car un examen tant soit peu attentif montre que les indices démographiques et moraux utilisés sont au fond des indices économiques. Non seulement ils varient dans le sens général des oscillations économiques, mais, de plus, ils nous rendent le précieux service de traduire dans leurs mouvements une série d'influences obscures, de réactions profondes qui échappent au relevé statistique. Les conjonctures économiques créent autour des hommes un milieu, une atmosphère qui favorise certaines déviations, certaines chutes. Chaque année, il y a des suicides; mais il est remarquable que pendant les années de crise et au cours de celles qui les suivent immédiatement, il y ait, absolument et relativement, plus de suicides que pendant les années prospères : en 1887, l'indice tombe à 75.7 au lieu de 100 en 1884 (1) ; en 1893-94 il est de 70,9 contre 84,5 en 1890 ; la crise de 1901 le fait tomber à 77,7 en 1902 alors qu'il était à 86,4 en 1900, année de grande prospérité économique ; la dernière crise de 1908 la ramène à 72,8 au lieu de 91,9 en 1907. Il serait difficile de dire que l'indice « suicides » ne se modifie pas sous l'influence créée par les conjonctures économiques et qu'on ne puisse le comprendre parmi les signes qui traduisent une situation mauvaise.

La nuptialité est également un phénomène démographique et un indice très sûr des conjonctures économiques. Nous avons rappelé plus haut la doctrine de W. Farr à ce sujet. D'une étude très consciencieuse de

(1) Ne pas oublier que l'indice se présente par interversion, c'est-à-dire que le chiffre 75,7 indique une situation *moins bonne* que celle qui se marque par le chiffre 100.

M. Henry Bunle (1) extrayons cette conclusion qui met au point les observations les plus récentes concernant la France : « la nature de la relation existant entre la nuptialité et les divers facteurs économiques apparaît donc comme telle : la nuptialité s'élève quand un facteur favorable (par exemple les prix, le commerce) croît ou lorsqu'un facteur défavorable (tel que le chômage) décroît ; le mouvement de la nuptialité peut suivre le mouvement des divers facteurs économiques avec un léger retard ». En Belgique la tendance est la même, la nuptialité diminuant aux années de crise ou pendant l'année qui suit immédiatement une perturbation économique (2). En Angleterre, les valeurs des coefficients de corrélation sont de : + 0,795 entre le taux des mariages et les prix (1865-1896) ; + 0,900 entre le taux des mariages et le commerce extérieur (1851-1900) ; — 0,873 entre le taux des mariages et le chômage (période 1850-1895).

On comprendra mieux à présent qu'on puisse légitimement associer dans un système d'indice totalisateur les indices purement économiques et ceux qui sont comme des réflexes déterminés par des conjonctures

(1) *Relation entre les variations des indices économiques et le mouvement des mariages* (JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ DE STATISTIQUE DE PARIS, mars 1911, p. 80).

(2) On trouvera les chiffres complets dans les deux tableaux placés à la fin de ce travail ; notons ici les données ci-après, assurément caractéristiques :

NOMBRES PROPORTIONNELS (1884 = 100)

Année		Index	Année		Index
1884		100,0			
1885		100,5	1899	prospérité	126,7
1886	crise	99,0	1900	prospérité	128,2
1887		105,0	1901	crise	124,2
			1902		120,7
1892		112,6	1903		116,6
1893	crise	111,6			
1894	crise	111,1	1907	prospérité	119,2
1895	reprise	114,6	1908	crise	115,6

telles que le mouvement des prix, la valeur et le développement du commerce international, etc.

De mauvaises conditions d'hygiène, d'une alimentation trop pauvre résultant d'une gène générale, d'une crise, résulte fréquemment une augmentation de la mortalité. Dans un autre ordre d'idées, les vols et les atteintes à la propriété pourront se produire en plus grand nombre à la suite de longs chômages, d'une détresse générale et marquée. La crise de 1886 laissa une longue trace dans la statistique de la criminalité en Belgique. Un moraliste français, M. Henri Joly, qui a consacré un volume plein de faits et de philosophie à la « Belgique criminelle » note cette réaction des conjonctures économiques de 1886 : « la seconde explosion de grande criminalité date de 1886. Ici, la cause est autre. Ce qui agit, cette fois, ce n'est pas la souffrance corporelle, vite oubliée quand enfin les besoins sont satisfaits. c'est cette douleur morale née de la jalousie, de la colère contre l'injustice à laquelle on croit, et engendrant à son tour l'esprit de vengeance. Or, cette douleur va toujours en se surexcitant, et les satisfactions non seulement ne la calment pas, mais l'irritent de plus en plus ». La criminalité croissante n'est pas imputable seulement aux ouvriers ; en ces temps troublés, les éléments impurs venus des bas fonds de la société remontèrent à la surface. « Et à la suite des ouvriers sans travail, écrivent MM. Destrée et Vandervelde (1), surgirent de leurs trous obscurs toutes les bêtes immondes, vagabonds et malfaiteurs, repris de justice qu'on retrouve en toute perturbation sociale. La population entière fut mise à contribution avec une âpreté insatiable. D'abord terrifiée, elle obéit ; puis elle s'insurgea ; chacun, fermement résolu à se défendre,

(1) Cités par M. H. Joly, *La Belgique criminelle*, p. 51.

revenait à l'état de nature, toutes les garanties sociales étant abolies, tous les liens sociaux dissous. »

Si énergiques que soient ces répercussions, elles se perdent en partie dans la masse dominée par la loi des grands nombres. C'est pourquoi les indices de cette espèce ne sont pas susceptibles des altérations profondes qui se remarquent ailleurs ; la marche du phénomène reste inflexible, mais dans son évolution on remarque des soubresauts, des convulsions rapides dont l'observateur a pour devoir de tenir compte. Négliger ces indications dans une recherche qui embrasse l'activité entière et le développement de la nation, nous paraîtrait une faute.

Nous avons signalé dans la première partie de ce travail que, tous les indices n'étant pas de même nature, on ne pouvait les traiter de la même façon en vue de la construction de la courbe finale. Les indices négatifs ou pathologiques ont été calculés d'après le procédé de l'interversion, c'est-à-dire que toute hausse au dessus de 100, manifestée par ces indices, a été transformée en quantité à soustraire de 100. La méthode n'est applicable que pour autant que la hausse ne soit pas supérieure à 100. C'est dans le but de parer à cette difficulté — qui ne s'est d'ailleurs pas présentée devant nous — qu'on a préconisé l'emploi du calcul des réciproques. Ce mode semble plus exact théoriquement, mais il présente parfois l'inconvénient d'accentuer le sens optimiste des résultats.

Dans le tableau ci-contre, nous avons calculé les indices pathologiques d'après le système des « réciproques » au lieu d'employer celui de l'interversion.

Si l'on compare ces résultats à ceux obtenus par le procédé que nous avons appliqué, on constate la tendance optimiste générale de la plus grande partie des chiffres. Les moyennes, tant générale que par indice,

ANNÉES	NAISSANCES ILLÉGITIMES	DÉCÈS	SUICIDES	CONDAMNÉS PAR LES COURS D'ASSISES	CONDAMNÉS PAR LES TRIB. CORRECT.	ALIÉNÉS	FAILLITES	MONTS DE PIÉTÉ	TOTAL	MOYENNES	ANNÉES
1880	110.63	93.72	96.24	111.35	106.95	105 26	102.14	—	726	103.7	1880
1881	108 36	100	109.52	100.30	103.19	105.37	119.90	—	746.64	106.7	1881
1882	105.16	103.45	98.13	91.99	100	103.95	118.20	—	720 88	103	1882
1883	106.49	100.47	99	93.72	99.80	101.62	103 62	—	704.72	100.7	1883
1884	100	100	100	100	100	100	100	100	800	100	1884
1885	97.84	103 97	90.33	102.77	99 50	97 65	109 52	94.60	796.18	97	1885
1886	97.65	99	97.18	82.91	96.15	95.96	104.38	92.33	765 56	95.7	1886
1887	95.96	108.84	80.45	86 73	94 33	94 42	103.19	86 35	750.27	93 8	1887
1888	95.78	105.55	89.52	87.33	96.80	93 37	97.94	81.69	747.98	93.5	1888
1889	94.96	106.60	83.75	88.18	94 87	90.17	103 41	84.17	746.11	93.3	1889
1890	98.03	100.50	86.58	84.58	94.78	87.64	110.01	83.05	744 97	92.1	1890
1891	96.06	100	82.37	86.50	88.26	86.20	117.78	84.17	741.34	92.7	1891
1892	95.23	97.18	79.23	73.85	79 68	83.96	104.16	86.50	699.79	87.5	1892
1893	96.15	104.49	77.45	78 67	84.88	81.23	105 93	80.51	709 31	88.7	1893
1894	93.80	111.73	77.39	81 43	90	79.87	113 50	82.64	730.36	93.8	1894
1895	92.16	107.18	88.80	96.33	95.60	77.94	138.50	87.56	784.07	98	1895
1896	96.52	120.19	81.76	101.52	89.28	75.93	132.80	92.85	790.85	98.9	1896
1897	102.14	121.50	90.33	96.61	94.16	75.58	137.55	97.08	814.95	101.9	1897
1898	108.27	118.76	83.05	158.73	98 23	72.99	—	93 89	733.92	104.9	1898
1899	111.39	111.11	88.80	146.84	91 40	71.89	127.71	95.96	845.10	105.6	1899
1900	115.11	108.81	88.02	141.84	90	69.58	148.14	101.01	862.51	107.8	1900
1901	122.72	123	82 37	130.89	86 05	68 91	145.98	102.24	862.16	107.8	1901
1902	122.69	120.77	81.76	121.50	86.95	67 15	144.71	92.50	838.03	104.8	1902
1903	128.99	123.60	88.02	121.50	89 04	66 48	135.86	93.89	847.38	105.9	1903
1904	131.40	124.37	83.05	132.80	104.05	65.83	139.86	100	881.36	110.2	1904
1905	131.44	126.58	80.45	133.68	103.19	65.74	154.32	103.30	898.70	112.3	1905
1906	135.39	127.38	88.02	123.91	95.60	65,44	174.82	106.72	917.28	114.7	1906
1907	133.63	133.15	91.99	135.68	93.19	65.06	170.35	104.16	927.21	115.9	1907
1908	138.63	126.58	78.61	143.47	97.27	64.97	180.50	101.21	931.24	116.4	1908

trahissent cette orientation ; pour abréger, nous ne considérons ci-après que les dix dernières années.

ANNÉES	MOYENNE DES HUIT INDICES PATHOLOGIQUES *par interversion*	*par les réciproques*
1899	101.1	105.6
1900	102.0	107.8
1901	101.4	107.8
1902	98.8	104.8
1903	100.3	105.9
1904	103.5	110.2
1905	104.4	112.3
1906	105.6	114.7
1907	106.5	115.9
1908	105.1	116.4

Si l'on calcule la moyenne de chacune des huit séries, on constate que dans le système des réciproques elle est uniformément supérieure à celle obtenue par le simple procédé de l'interversion. Nous croyons plus prudent de nous en tenir à l'interprétation la moins optimiste du phénomène.

Mais la question la plus difficile reste celle des *poids*. Ainsi qu'on l'a fait remarquer, le totalisateur accompagné de la moyenne arithmétique simple, présente l'inconvénient d'attribuer une valeur égale à chacun des indices alors que leur signification n'a pas une portée identique, invariable. Le moyen de corriger ce défaut serait évidemment d'attribuer à chaque indice un poids proportionnel au rôle qu'il joue dans l'évolution économique de la nation. Mais après avoir énoncé le principe, chacun se montre très circonspect dans l'indication des moyens de la réaliser. Cette réserve se comprend ; ainsi que nous l'avons fait observer sous le § 5, il n'y a pas de commune mesure entre les

phénomènes essentiellement différents qui composent le totalisateur.

Les indices consultés sont fondamentalement différents par leur nature. Alors que les uns expriment les réactions des conjonctures économiques sur certains phénomènes de la vie sociale, les autres enregistrent directement les faits qui caractérisent les périodes économiques prospères ou critiques ; quelques indices ont une tendance à augmenter d'année en année, sauf à ralentir leur marche en temps de crise, comme ils accélèrent leur élan aux époques de prospérité ; les uns annoncent les crises, les autres en constatent les effets, bref il y a entre la fonction et la nature des indices consultés une telle diversité qu'on ne peut s'attendre à trouver un terme de comparaison uniforme auquel on puisse les ramener indistinctement. Les procédés qu'on a indiqués — sans y joindre d'ailleurs d'application pratique — présentent le grave inconvénient d'être arbitraires. Ainsi, on propose de prendre la racine carrée des chiffres exprimant les variations des phénomènes influencés par l'imitation, sujets à de brusques poussées ; mais comment établir la distinction entre ces indices et les autres ? Comment affirmer qu'ils se sont comportés d'une manière identique pendant toute la période d'observation ? Arbitraire aussi est le procédé qui consisterait à calculer le degré de variabilité du phénomène et à adopter des poids fixés en raison inverse de ce degré de variabilité (1). La difficulté devant laquelle on se trouve est autre que celle qui a surgi en ce qui concerne les *Index-Numbers* de prix. On sait que Sir Inglis Palgrave, en opérant sur les données — au nombre de 21 — publiées par l'ÉCONOMISTE ANGLAIS a pu affecter les prix des

(1) Benini, *Principii di statistica methodologica*, Torino, 1906, pp. 259-260.

marchandises d'un poids exprimant l'importance de chaque denrée par rapport à la consommation totale; toutefois cette moyenne pondérée ne diffère pas sensiblement de la moyenne simple.

D'après Bowley, c'est un fait d'expérience que les différentes méthodes de calcul appliquées aux *Index-Numbers* ne donnent pas de résultats sensiblement différents. Telle avait été aussi la conclusion de la Commission spéciale de la *British Association* chargée de l'étude de cette même question.

Il y a d'ailleurs, entre la nature des *Index-Numbers* appliqués aux prix des marchandises et l'*Indice totalisateur* appliqué aux conjonctures économiques une différence qui exclut, selon nous, en ce qui concerne le second, l'emploi d'un système de poids. En effet, les variations générales des prix dépendent d'une série de causes homogènes et s'expriment toutes par la valeur relative de l'unité monétaire. Dans le *totalisateur* au contraire, on est amené à noter des quantités variables qui s'expriment tantôt par le comptage des unités qui composent la masse, tantôt par la valeur que les échanges, la production, les dépôts aux caisses d'épargne, les effets escomptés, etc., ont atteinte. Si l'on va au fond des choses, le *totalisateur* est un ensemble de signes, de symboles plus ou moins démonstratifs de la santé économique de la nation, qui se développent au cours des périodes favorables et se contractent en temps de crise. On ne peut donc conclure à une augmentation de la richesse égale au développement des indices, mais seulement à une expansion générale qui se traduit dans la mesure où les symboles qui l'expriment se sont eux-mêmes amplifiés. L'avantage du *totalisateur* n'est pas seulement dans l'expression finale de la moyenne générale ; il consiste surtout dans l'accumulation des

détails, dont chacun peut être suivi dans son évolution complète, et aussi dans les résumés par groupe qui permettent d'étudier cette évolution par rapport à certains phénomènes de nature assez homogène. Dans ces conditions, il semble bien que l'exactitude dépende plus de la corrélation logique entre chaque indice et les phénomènes généraux qui le conditionnent (rapport entre la valeur du commerce et le nombre d'habitants, par exemple), que de la recherche, au moyen de procédés arbitraires, de la valeur comparative des symboles dont l'accumulation constitue le *totalisateur*.

VIII

RÉSULTATS GÉNÉRAUX

En opérant d'après les méthodes décrites ci dessus, on arrive aux résultats suivants. Les bases de ces calculs se trouvent exposées aux deux tableaux annexés au présent travail : tableau I, nombres absolus ; tableau II, nombres proportionnels. Toutes les données proportionnelles ont été calculées à la deuxième décimale et ont été arrondies ensuite. La plus grande partie des calculs nécessaires a été faite par M. J. Bribosia, docteur en droit et licencié en sciences commerciales et consulaires, à qui nous tenons à exprimer ici nos plus vifs remerciements pour sa patiente et dévouée collaboration.

Le tableau A donne pour chaque groupe et par année les chiffres résultant de l'accumulation des pourcentages.

Tableau A.

ANNÉES	TOTAL PAR GROUPE I	II	III	IV	GRAND TOTAL
1880	831.2	—	1478.7	1012.4	3420.0 (1)
'81	945.9	715.3	1379.1	1071.6	4111.9 (2)
'82	906.2	770.9	1484.8	1144.5	4306.4 (3)
'83	905.2	754.3	1514.6	1126.9	4301.0 (3)
'84	*900.0*	*700.0*	*1500.0*	*1200.0*	*4300.0*
'85	890.3	651.8	1490.3	1178.9	4211.33
'86	866.0	646.0	1500.7	1095.4	4108.12 (3)
'87	857.7	701.2	1558.0	1098.6	4215.5 (3)
'88	863.8	736.3	1590.5	1117.5	4308.1 (3)
'89	856.5	806.5	1653.1	1143.4	4459.5 (3)
'90	853.7	874.3	1736.9	1546.5	5011.4
'91	844.2	840.9	1804.0	1584.8	5073.9
'92	801.5	818.7	1774.7	1616.5	5011.4
'93	812.8	802.2	1786.8	1651.7	5053.5
'94	827.7	840.4	1825.0	1669.1	5162.2
'95	868.3	854.4	1869.4	1727.5	5319.6
'96	873.4	993.7	1892.3	1868.8	5628.2
'97	888.6	1053.3	1987.1	1944.3	5873.3
'98	918.6	1140.9	1970.5	2185.0	6215.0 (3)
'99	917.4	1302.6	2155.9	2195.2	6571.1
1900	909.5	1349.5	2233.3	2364.9	6857.2
'01	947.5	1138.7	2265.0	2415.8	6737.0
'02	895.7	1257.0	2341.7	2291.2	6785.6
'03	907.0	1384.5	2428.5	2408.6	7128.7
'04	929.9	1477.6	2486.1	2483.8	7377.4
'05	922.0	1544.5	2626.5	2615.1	7708.1
'06	923.0	1727.3	2747.8	2760.1	8158.2
'07	935.4	1810.5	2810.6	2844.9	8401.4
'08	912.4	1544.3	2541.6	2685.4	7683.7 (2)

(1) Diviseur : 35.
(2) Diviseur : 41.
(3) Diviseur : 42.

Le tableau B donne l'*Index-Numbers* de chacun des quatre groupes considérés, ainsi que l'*Index-Numbers* général. Les chiffres sont ici calculés à la deuxième décimale.

Tableau B.

ANNÉES	INDEX PAR GROUPE				INDEX-NUMBERS GÉNÉRAL
	I	II	III	IV	
1880	103.90		98.58	92.04	97.72
'81	105.10	102.18	98.50	97.42	100.29
'82	100.69	110.13	98.99	104.05	102.53
'83	100.58	107.76	100.98	102.45	102.40
'84	*100.00*	*100.00*	*100.00*	*100.00*	*100.00*
'85	98.93	93.11	99.35	98.24	97.93
'86	96.22	92.28	100.05	99.58	97.81
'87	95.30	100.17	103.90	99.87	100.37
'88	95.98	105.19	106.03	101.59	102.57
'89	95.17	115.21	110.20	103.94	106.18
'90	94.85	124.90	115.79	128.88	116.54
'91	93.80	120.13	120.27	132.07	118.00
'92	89.05	116.95	118.31	134.71	116.54
'93	90.31	114.60	119.12	137.64	117.52
'94	91.97	120.06	121.67	139.09	120.05
'95	96.48	122.06	124.62	134.96	123.71
'96	97.04	141.96	126.15	155.73	130.89
'97	98.73	150.47	132.47	162.02	136.59
'98	102.07	162.99	140.75	182.08	147.97
'99	101.93	186.08	143.73	182.93	152.82
1900	101.06	192.79	148.89	197.07	159.47
'01	101.94	162.67	151.00	201.32	156.67
'02	99.52	179.57	156.11	190.93	157.80
'03	100.78	197.80	161.90	200.72	165.78
'04	103.32	211.09	165.74	206.98	171.33
'05	102.44	220.64	175.10	217.92	179.26
'06	102.55	246.76	183.19	230.01	189.79
'07	103.93	258.64	187.37	237.08	195.38
'08	101.37	220.61	181.54	244.13	187.41

Nous étudierons au paragraphe suivant les variations de l'*Index-Numbers* général et nous les mettrons en parallèle avec le mouvement général des affaires et l'histoire des crises. Mais auparavant il paraît opportun de considérer les index par groupe et de comparer leurs variations respectives.

Une première constatation vise l'année de base 1884. On voit nettement, en consultant le tableau des index par groupe (tableau B), que les années qui précédèrent 1884 furent plus favorables, tandis que celles qui lui succédèrent furent moins propices et que cette période couvre deux ou trois années. Il en résulte que 1884 forme un bon point de départ pour la comparaison, puisque cette année forme la transition entre une période de dépression et une période d'expansion. Ainsi, tous les chiffres de 1883 sont supérieurs à ceux de 1884, tandis que tous les chiffres de 1885 leur sont inférieurs. L'année 1886 fut particulièrement mauvaise en ce qui concerne la production : l'indice de cette année est inférieur de 7.72 °/₀ à celui de 1884 et de 17.85 °/₀ par rapport à celui de 1882, qui marque le sommet de la période d'expansion précédant l'année de base. En étudiant plus loin les crises économiques en Belgique, nous aurons l'occasion d'envisager ce phénomène d'une manière plus détaillée.

Les index relatifs à la population et aux indices moraux (groupe I), se divisent en trois parties bien distinctes : la première, qui va de 1880 à 1884, est égale ou supérieure à l'unité ; la deuxième, qui est comprise entre 1885 et 1897, est inférieure à l'unité ; la troisième, qui part de 1898, est supérieure à l'unité, sauf une légère défaillance en 1902. En général, cette série se caractérise par un état d'équilibre relatif, ce qui, du reste, est conforme à sa nature, les phénomènes qui s'y

trouvent envisagés n'étant pas susceptibles d'augmentation indéfinie.

Cependant, cette régularité relative n'est pas complètement soustraite aux influences des conjonctures économiques, surtout en ce qui concerne certaines composantes de la série.

Le second groupe se rapporte à la production : 1884 marque un point intermédiaire ; l'index faiblit en 1885 et 1886, retrouve son point d'équilibre en 1887, arrête son essor de 1891 à 1894, monte rapidement de 1896 à 1900, est en régression en 1901-1902, puis commence une ascension continue qui ne s'arrête qu'en 1908, ce dernier point étant d'ailleurs à égalité avec 1906.

Le troisième et le quatrième groupe constituent des séries franchement dynamiques, dont la progression est parfois retardée ou refoulée en cas de perturbations économiques.

Le caractère de chaque série ressort mieux à la lecture du tableau ci-après :

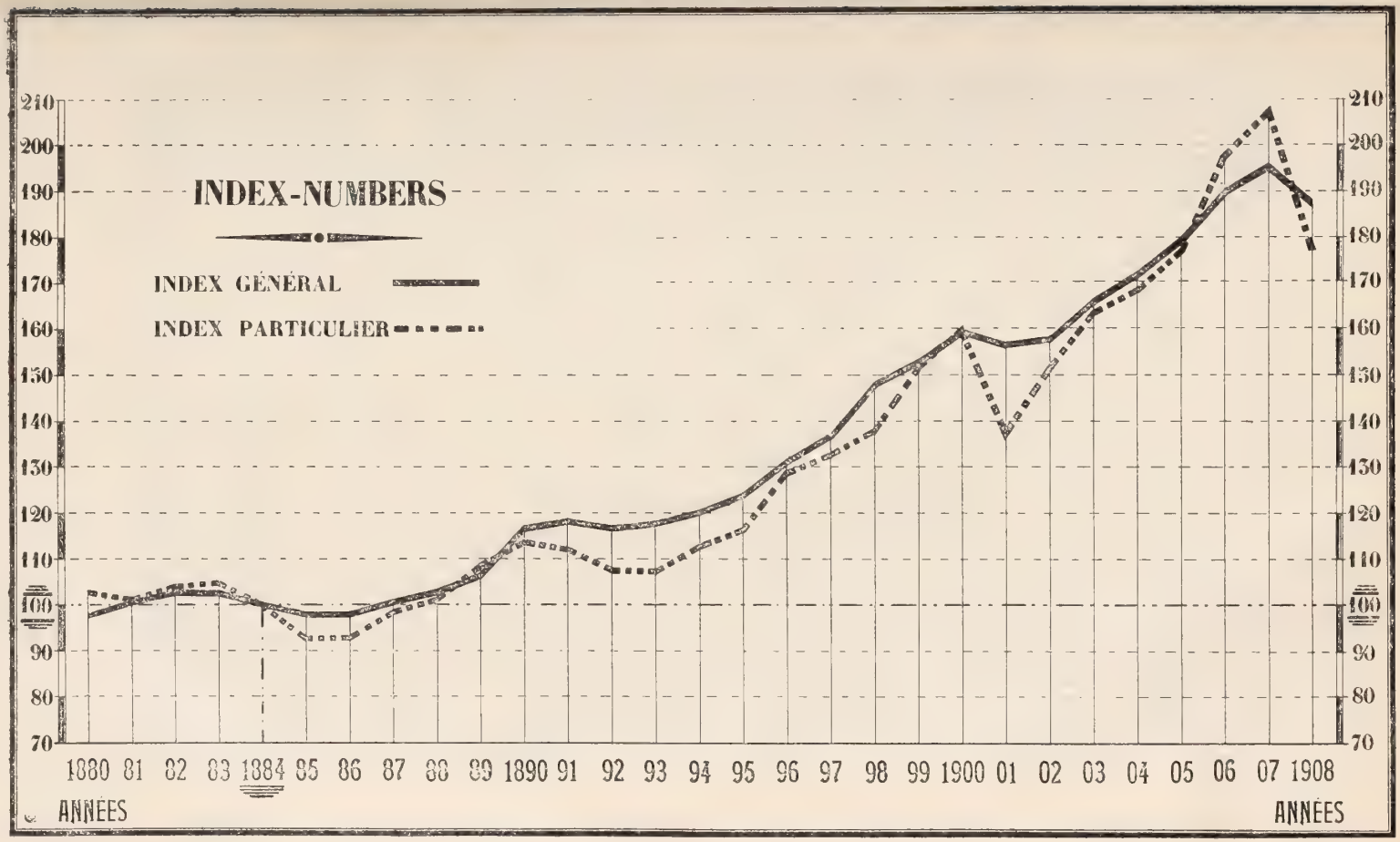
PÉRIODES	INDEX PAR GROUPE			
	I	II	III	IV
1880-1884	102.05	105.01	99.41	99.19
1885-1889	96.32	101.19	103.52	100.64
1890-1894	91.99	120.04	119.03	134.48
1895-1899	99.25	152.71	132.94	165.34
1900-1904	101.32	188.78	156.73	199.40
1905-1908	102.60	189.33	181.80	232.28

IX

L'INDEX GÉNÉRAL ET LES CRISES

Si les éléments qui composent notre *Index-Numbers* ont été bien choisis, si l'année de base a été déterminée d'une manière judicieuse, nous devons nous attendre à voir l'*Index* se relever ou s'abaisser d'après les conjonctures économiques. Nous voyons bien, surtout en consultant le tableau B, que l'*Index général* subit des fluctuations plus ou moins fortes, mais correspondent-elles, dans le temps, à des conjonctures économiques nettement caractérisées et sont-elles de même nature ? En d'autres termes, le baromètre que nous avons construit monte-t-il quand le ciel économique est sans nuages, descend-il quand le temps devient mauvais ? Telle est la question que nous avons à examiner ici, et c'est la question essentielle, celle qui motive au fond et domine ce travail tout entier.

Nous n'avons pas à exposer la théorie des crises, ni à rappeler les traits par lesquels la dépression des affaires se caractérise. Nous nous bornerons à noter que de l'avis général les crises économiques sont constituées de quatre périodes distinctes : 1° une période de prospérité, 2° une période de déclin, 3° une période de dépression, 4° une période de relèvement. Le cycle est inflexible, mais la durée de chaque période est essentiellement variable. Si nous examinons l'Index général que nous avons construit, nous y trouverons certes la trace de fluctuations du genre de celles que nous venons d'énumérer ; mais nous ne pouvons en conclure valablement à des périodes critiques correspondantes dans le développement économique de la Belgique, car ce serait répondre à la question par la question. Nous suivrons une méthode de vérification


INDEX-NUMBERS
INDEX GÉNÉRAL
INDEX PARTICULIER
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
1880 81 82 83 1884 85 86 87 88 89 1890 91 92 93 94 95 96 97 98 99 1900 01 02 03 04 05 06 07 1908
ANNÉES
ANNÉES

plus rigoureuse en recherchant si les régressions de l'Index correspondent aux crises économiques dont l'histoire a été faite.

D'après M. Jean Lescure qui, dans son livre « Des crises générales et périodiques de surproduction », a fait une étude attentive de ces grands mouvements économiques, les années qui précédèrent 1884 se caractérisèrent de la façon suivante : après le boom de 1873, qui eut pour caractère dominant l'élévation vertigineuse des prix, principalement pour les produits de l'industrie des mines et de la métallurgie, les cours s'effondrèrent au point qu'aucune crise antérieure ne se distingua par un désastre aussi complet. La crise de 1873 fut non seulement une crise des prix, mais en même temps une crise de crédit et une crise de bourse. La dépression atteignit son point culminant en 1878-1879. Elle se fit sentir particulièrement aux États-Unis et en Allemagne, c'est-à-dire dans les deux grands pays qui commençaient vers cette époque leur évolution industrielle. La baisse des prix fut générale ; à partir de 1875 commença la période connue sous le nom de *période de dépression des prix*, qui devait durer de longues années. Quoique moins atteintes que d'autres pays industriels la France et l'Angleterre n'échappèrent pas non plus à la crise. Après la rude période d'épreuve de 1873-1879, une période d'essor s'ouvrit aussitôt, qui fut particulièrement accentuée en France ; elle eut cependant un caractère un peu artificiel, en ce sens que ce fut l'exécution de grands travaux qui, en France, provoqua le mouvement de reprise. L'accroissement du réseau français d'intérêt général atteignit 5141 kilomètres de 1879 à 1882 et le réseau d'intérêt local prenait également un développement rapide. Les États-Unis se lançaient dans la même voie, construisant 4.721 milles en 1879, 7.174 en 1880, 9,789 en 1881 et 11.596 en 1882, pour retomber ensuite à 6.735 en 1883

et même 3.131 en 1885. Les prix, d'une manière générale, manifestèrent quelque fermeté, mais la dépréciation de l'argent et la demande d'or de la part des pays qui, comme l'Allemagne, la Hollande et les États scandinaves avaient opéré depuis 1873 la réforme de leur système monétaire, se traduisaient tout ensemble par une appréciation prononcée du métal jaune, laquelle opposait un frein puissant à l'augmentation des prix. Celle-ci se manifestait cependant, quoiqu'avec retenue : l'*Index-Numbers* de Sauerbeek, qui marque 83 en 1879, monte à 88 en 1880 et se tient à 85 et 84 en 1881 et 1882, pour marquer une chute déjà sensible en 1883 (82), et surtout en 1884 (76). Il y eut donc un léger mouvement de reprise à partir de 1879 et la période 1880-1881 fut propice relativement à celle qui la précéda (1878-79) et par rapport à 1884, qui marque une nouvelle période de déclin.

La situation de la Belgique, petit pays consommateur, grand producteur et grand exportateur par rapport à son importance géographique et politique, semble devoir être influencée directement par les mouvements économiques de ses grands voisins, l'Angleterre, la France et l'Allemagne. Notre Index établit la situation comme suit :

ANNÉES		INDEX GÉNÉRAL	I	II	III	IV
1880	essor	97.72	103.90	—	98.58	92.04
'81		100.29	105.10	102.18	98.50	97.42
'82	expansion	102.53	100.69	110.13	98.99	104.05
'83		102.40	100.58	107.76	100.98	102.45
'84	déclin	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

On voit nettement par ce qui précède que l'année 1880 forme le point de départ d'une situation qui va en s'améliorant en 1881, le point maximum étant atteint en 1882, surtout en ce qui concerne l'industrie des moyens de production, largement représentée dans le groupe II ; cette situation se prolonge durant l'année 1883 ; 1884 est moins favorable. Ces données confirment entièrement la description des conjonctures économiques de 1880 à 1884 que nous avons esquissée plus haut et elles montrent que l'indice a parfaitement fonctionné. C'est un premier résultat qui n'est pas négligeable, car il nous donne la preuve que l'année de base choisie répond aux conditions exigées : elle n'est ni une année d'extrême dépression, ni une année de pleine expansion.

En Belgique, la crise se fit sentir avec une intensité inquiétante dès 1885 ; les diminutions de salaires qui en furent la conséquence, une agitation politique intense, déterminèrent à leur tour des émeutes graves au début de 1886. Cette année fut pour la Belgique une des plus critiques qu'elle eut à traverser. Non seulement les affaires étaient dans le marasme, mais il semblait que les bases mêmes du régime social étaient ébranlées. Notre Index traduit encore cette situation en tombant à 97.93 en 1885 et à 97.81 en 1886.

On n'aurait cependant pas une idée suffisante de la crise par ces deux seuls chiffres ; il convient ici d'entrer dans quelques détails.

En 1886, le taux de la nuptialité est seulement, par rapport à 1884, de 99.0, c'est-à-dire qu'il est au point le plus bas qui ait été observé pendant la période de 29 années envisagée ici. La production de la houille, du fer et de la fonte, de l'acier, enregistre cette année les chiffres les plus faibles qu'on ait à constater. Les importations perdent 8 $\frac{3}{10}$, les exportations 13 $\frac{5}{10}$, sur

les chiffres de base. Les marchandises transportées par chemin de fer sont en diminution. Le nombre de télégrammes de bourse et d'affaires industrielles, le montant des effets escomptés à la Banque Nationale, les consommations de luxe, le salaire moyen de l'ouvrier mineur, le montant du droit de patente établi à charge des sociétés anonymes n'ont jamais été à un niveau inférieur à celui qui se marqua en 1885 ou 1886. Cette période fut vraiment désastreuse ; elle a laissé dans l'esprit de tous ceux qui la vécurent une impression ineffaçable d'anxiété et de trouble.

L'intensité de la crise, en privant les capitaux d'un emploi rémunérateur, contribua à en favoriser l'émigration : l'Angleterre commença, dès 1886, à s'intéresser à des entreprises lointaines, principalement dans l'Argentine ; la même année une vigoureuse reprise se manifestait aux États-Unis, où se fondèrent un grand nombre de nouvelles entreprises. La demande de fer, de fonte, d'acier, fut extrêmement vive en Angleterre pour satisfaire aux besoins de la clientèle étrangère. L'Allemagne, de son côté, continuait avec ténacité son évolution vers la grande industrie. M. J. Lescure, dont nous utilisons ici encore l'exposé historique, conclut que « la période 1887-1890 nous présente tous les traits caractéristiques d'une période d'essor mondial. L'essor de 1887-1890 ressemble, à s'y méprendre, aux essors antérieurs. Il devait donc nécessairement à la longue se convertir par une crise en une période de dépression. Ainsi en fut-il en 1890 pour l'Angleterre, en 1893 pour les États-Unis ».

En Belgique, les fluctuations de l'Index général trahissent une marche analogue des événements économiques. Les chiffres sont significatifs à cet égard : nous les reprenons depuis 1885 :

1885	dépression	97.93
1886		97.81
1887	essor	100.37
1888		102.57
1889		106.18
1890	expansion	116.54
1891		118.00
1892	déclin	116.54

Il ne faut pas perdre de vue cependant que l'Index général est la résultante d'une série de mouvements combinés ; certains d'entre eux se produisent à un moment donné ; d'autres, un peu plus tard de sorte que s'ils sont les plus nombreux ou s'ils présentent plus d'amplitude que les premiers, ils retardent l'oscillation qui se marque au moyen de l'Index général. Aussi ne devons nous pas nous étonner de voir certains groupes montrer, avant d'autres, les signes d'une réelle dépression. Il en est de la sorte pour la production des charbonnages, des carrières, des hauts-fourneaux et des aciéries, qui après avoir augmenté de 1887 à 1890, recule en 1891. Les chiffres relatifs à 1890 et à 1891 accusent cette dernière année une décadence prononcée.

ANNÉES	HOUILLE (MILLIERS DE TONNES)	CARRIÈRES (MILLIERS DE FRANCS)	FER ET FONTE (MILLIERS DE FRANCS)	ACIER (MILLIERS DE FRANCS)
1890	20.366	39.280	122.675	31.278
1891	19.676	37.818	110.920	29.111

Le groupe III (Échanges) continue au contraire, pendant l'année 1891, son mouvement ascensionnel qui se transformera en recul l'année suivante. C'est ce qui apparaît clairement si l'on considère les indices particulièrement importants :

INDICES	1890	1891	1892	UNITÉS
Importations (comm. spécial)	1.672.115	1.799.815	1.536.454	Valeur en milliers de frs
Exportations (comm. spécial)	1.437.024	1.519.033	1.369.440	Valeur en milliers de frs
Navigation maritime	5.785.980	6.025.339	5.782.157	Nombre de tonn. Moorsom
Recettes des chemins de fer	182.219	183.588	179.689	Valeur en milliers de frs
Montant des effets escomptés à la Banque Nat.	2.355.514	2.512.884	2.430.457	Valeur en milliers de frs

On remarquera avec intérêt que tous ces indices sont d'ordre commercial. Les indices de la production marquent une faiblesse générale en 1891, ce qui indique que la crise industrielle débuta cette année ; mais les transactions commerciales continuent à être actives; l'élan étant donné, et ce n'est que l'année suivante, en 1892, qu'elles fléchissent à leur tour. Dans un pays comme la Belgique, où le commerce présente une si grande importance, on aurait tort de ne considérer que les industries de la production pour apprécier les périodes critiques traversées par l'économie nationale ; les échanges commerciaux ont aussi leur intérêt, on ne peut le méconnaître. Cette considération justifie le mode d'opérer de l'Index, qui place en 1892 le début du déclin général de la période prospère 1889-1891.

(Voir tableau, page suivante).

	1890	1891	1892
Index général	**116.54**	**118.0**	**116.54**
Principaux indices commerciaux :			
Importations (comm. spécial)	111.8	119.0	100.6
Exportations (comm. spécial)	102.4	107.1	95.6
Navigation maritime	142.1	148.0	142.0
Recettes des chemins de fer	110.4	111.4	108.9
Montant des effets escomptés à la Banque Nationale	108.4	114.3	109.6

L'essor de 1890 ne fut ni bien remarquable, ni de longue durée ; la crise de 1891-1892 ne fut pas non plus très accentuée, ni durable. Ce qui se passa en Belgique se vérifia, somme toute, dans les autres pays. Lescure, dont nous continuons à suivre l'exposé histotorique, constate, comme nous l'avons fait nous-mêmes, la faiblesse de la reprise des affaires : « Avec la crise de 1882, écrit-il, nous constatons un phénomène digne d'attention : la faible intensité et le peu de durée de l'essor. La crise de 1890 nous offre une particularité analogue : essor bref et en somme assez peu intense. »

L'année 1893 ne fut pas meilleure que la précédente ; certains indices pathologiques augmentent même d'intensité ; la quantité de houille extraite, la valeur de la production du fer et de la fonte sont en diminution ; les exportations sont en baisse ; les consommations de luxe, comme le vin, accentuent encore leur recul, mais la rente belge, qui avait été délaissée pour les valeurs industrielles et de spéculation, gagne le terrain perdu par celles-ci. Par contre, certains symptômes, tels que la légère avance des importations, du tonnage des navires entrés, l'élévation du produit du droit de patente établi à charge des sociétés anonymes et en

commandite par actions, annoncent que la crise touche à sa fin.

Dès l'année suivante, en effet, en 1894, commence un mouvement ascendant, qui devait atteindre son maximum en 1900. Cette période de l'histoire économique est remarquable par son caractère uniforme dans tous les pays industriels. La France, l'Angleterre, les États-Unis, l'Allemagne, passent par des conjonctures économiques semblables, et après avoir atteint le degré le plus élevé à la même époque (1900), leur expansion commerciale manifesta au même moment (1901) un recul sensible. La Belgique, petit pays au regard de ses puissants voisins, partagea les mêmes vissicitudes. L'Index général montre ces oscillations avec une grande clarté :

1893	crise	117.52
1894	essor	120.05
1895		123.71
1896		130.89
1897	expansion	136.59
1898		147.97
1899		152.82
1900		159.47
1901	crise	156.67

La période de neuf années que nous envisageons ici est une des plus remarquables que l'on puisse considérer, et cela pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les conjonctures économiques sont restées favorables sept années consécutives, ce qui ne s'était plus présenté depuis longtemps. Ensuite, les progrès économiques se marquèrent dans de nombreux domaines avec une

intensité bien supérieure à celle observée précédemment : de 1894 à 1900, l'Index passe de 120.05 à 159.47, c'est-à-dire augmente de 39.42 °/₀, tandis qu'en huit ans, de 1884 à 1891, il avait augmenté de 18 °/₀ seulement.

Dans la communication qu'il adressa en 1909 à l'Institut International de statistique réuni à Paris, Lexis, le savant professeur de Göttingen, fit remarquer que « la production industrielle, regardée dans ses dernières phases techniques, comme la filature et le tissage, exige une production préparatoire qui est fournie par un grand nombre d'industries, que l'on peut désigner comme industries fondamentales, comprenant l'industrie minière et l'industrie des métaux et surtout celle du fer à tous ses degrés, à partir de la production de la fonte jusqu'à la construction des machines de toutes sortes. Ce sont ces industries qui fournissent les moyens de production et de transport et quand il s'agit d'étendre la fabrication d'objets destinés à la consommation, il faut d'abord élargir le cadre de la production préparatoire (1) ». L'observation de Lexis se vérifie parfaitement dans son application à la Belgique. Les chiffres suivants en font foi :

	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
Houille mill. de tonnes	20.535	20.458	21.252	21.492	22.088	22.072	23.463
Fer et Fonte (milliers de fr.)	98.417	95.931	115.585	125.115	123.887	150.840	161.546
Acier (milliers de fr.)	40.200	42.419	63.129	69.828	76.610	96.154	104.924

On notera spécialement dans ce tableau l'avance prise par l'acier à partir de l'année 1894.

(1) Lexis, *Les crises économiques*, BULLETIN DE L'INSTITUT INTERNATIONAL DE STATISTIQUE, tome XVIII, première livraison, page 174. Paris, 1909.

L'Index spécial du groupe II, qui, outre ces éléments, envisage encore la valeur de la production des carrières et des usines à zinc, plomb et argent, ainsi que le nombre de moteurs à vapeur et la force H. P. de ces moteurs, montre un mouvement semblable : (1884 = 100).

	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
Index	120.06	122.06	141.96	150.47	162.99	186.08	192.79

C'est encore à M. Lescure que nous demanderons de caractériser la période d'expansion qui va s'ouvrir : « Vers 1895, écrit-il, l'élimination des producteurs mal outillés ou trop faibles est réalisée ; le taux de l'intérêt, les salaires, ont baissé ; les coûts de production ont été sérieusement revisés et réduits. Aux États-Unis, en Allemagne, de nouvelles formes économiques (trusts, cartels), se sont généralisées. Le monde économique est prêt pour un nouvel essor ».

« Le mouvement de reprise se fit sentir en Angleterre, en France et surtout en Allemagne. L'essor allemand fut le plus prononcé : il présenta tous les caractères des périodes de hausse antérieures : développement de la production, de la consommation, de la circulation et de la répartition des richesses à la suite d'un afflux de l'épargne vers l'industrie et d'une création rapide de moyens de production ».

La Belgique passa exactement par les mêmes phases. Avant d'entrer dans l'analyse des différents phénomènes, il convient de voir quelle est l'interprétation des conjonctures économiques donnée tant par l'Index général que par les Index relatifs à chaque groupe.

	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1899
Index général	*120.05*	*123.71*	*130.89*	*136.59*	*147.97*	*152.82*	*159.47*
Groupe I	91.97	96.48	97.04	98.73	102.07	101.93	101.06
Groupe II	120.06	122.06	141.96	150.47	162.99	186.08	192.79
Groupe III	121.67	124.62	126.15	132.47	140.75	143.73	148.89
Groupe IV	139.09	143.96	155.73	162.02	182.08	182.93	197.07

Il n'est pas inutile de montrer par des exemples concrets quelle fut l'étendue des progrès économiques réalisés par la Belgique de 1895 à 1900.

	1895	1900
Houille (nombre de tonnes extraites). . . .	20.457.605	23.462.817
Carrières (valeur de l'extraction)	40.973.662	56.300.380
Fers finis et fontes (valeur de la production) .	95.931.090	161.546.990
Acier (valeur de la production).	42 419.270	104.924.720
Zinc, plomb, argent (valeur de la production).	46.130.500	95.940.416
Chevaux-vapeur (nombre de)	1.090.922	1.388.941

La consommation, du moins pour les rares éléments relevés, n'augmente pas dans de moindres proportions :

	1895	1900
Vins (nombre d'hectolitres)	264.020	311.090
Tabac (nombre de kilogrammes)	12.967.033	17.521.815
Bière (nombre d'hectolitres).	12.313.292	14.760.897

La circulation montre une grande activité ; nous citons quelques exemples :

	1895	1900
Importations (comm. spéc., milliers de fr) . .	1.680.408	2.175.497
Exportations (comm. spéc., milliers de fr.). .	1.385.439	1.879.878
Navigation maritime (tonneaux Moorsom) . .	6.858.237	8.500.772
Recettes des chemins de fer (milliers de fr.) .	176.058	237.324
Montant des effets escomptés à la Banque Nationale (milliers de fr.).	2.894 250	3.442.890

A la grande prospérité de cette période, dont l'année 1900 marqua le maximum, succéda en 1901 une crise sévère. Elle fut peut-être plus accentuée en Belgique qu'ailleurs, à cause des intérêts considérables que ce pays avait pris en Russie, où la crise éclata en premier lieu.

La crise de bourse vint compliquer la crise industrielle. Les évaluations de M. de Laveleye dans le MONITEUR DES INTÉRÊTS MATÉRIELS sont très suggestives à cet égard. « C'est le 31 mars 1900, écrit ce publiciste, que pour la dernière fois notre tableau a renseigné de la hausse sur l'ensemble de la cote. Le chiffre était alors de 8.974 millions. En déduisant les introductions nouvelles et augmentations de capital, on arrive à ceci qu'au 30 juin 1901 on enregistrait une valeur de 7.736 millions, soit 1.238 millions en moins qu'au 31 mars 1900, ou 14 % de baisse ». Du 1er juillet au 30 septembre de la même année, on constata encore 233 millions de moins-value. Le marché refusait d'accueillir des titres nouveaux, aussi n'y eut-il en trois mois que pour 26 millions de nouvelles introductions et d'augmentations de capital. Les répercussions de la crise se firent sentir dans tous les sens : augmentation du nombre de suicides, diminution du nombre des mariages, réduction de l'extraction de la houille, chute de la valeur produite pour le fer et la fonte, l'acier, le

zinc, les pierres, etc. ; les exportations sont en baisse de même que le tonnage des marchandises transportées par chemin de fer et le montant des effets encaissés à la Banque Nationale ; bref, de tous côtés s'accusent les effets désastreux de la crise ; on pourra en faire une étude plus détaillée en se reportant au tableau publié en annexe.

Pour la première fois, nous avons l'occasion d'utiliser ici un indice emprunté à la vie de la classe ouvrière : il s'agit de la statistique des grèves. On s'est demandé à propos de la statistique des grèves si celles-ci pouvaient dans une certaine mesure, fournir des indications utiles pour apprécier l'activité économique d'un pays, et on a présenté cette conclusion que les années prospères voient éclater plus de grèves que celles qui sont marquées par une crise. Présentée d'une matière aussi absolue, cette idée manque de justesse et de précision ; en effet, les grèves n'ont pas toutes un objectif économique ; il en est — et de nombreuses — qui sont inspirées par des circonstances passagères, comme, en Belgique, celles qui coïncidèrent avec la mise en vigueur de la loi sur les règlements d'atelier. En France, l'application de la loi sur le repos hebdomadaire provoqua également de nombreux conflits. Des grèves, tout en ayant un but économique, sont parfaitement indépendantes de l'état de prospérité ou de dépression : telles les grèves qui ont pour objectif le développement du mouvement syndical. Il en est autrement des grèves qui sont entamées pour des questions de salaires. On conçoit parfaitement que les conjonctures économiques exercent une influence économique sur les salaires. Pendant les années prospères, les employeurs peuvent payer les employés à un taux plus élevé, mais comme ils se gardent en général de prendre les devants, nous allons assister à une série de grèves ayant pour objectif l'augmentation des salaires ; d'autre part, les em-

ployeurs, obligés de compter avec la main-d'œuvre, n'auront pas la tentation de réduire les salaires et nous ne compterons presque pas de grèves faites en vue de s'opposer à une diminution des salaires. Pendant les années de crise, nous constaterons la situation diamétralement opposée.

L'observation des faits confirme la théorie, comme le montrent les chiffres ci-après, empruntés à la *Statistique des grèves*, publiée par l'Office du travail de Belgique :

Année 1900	Demande d'augmentation de salaire . . .	99 grèves 26.089 grévistes
	Opposition à une diminution des salaires .	3 grèves 120 grévistes
Année 1901	Demande d'augmentation de salaire . . .	41 grèves 3431 grévistes
	Opposition à une diminution des salaires .	25 grèves 30.698 grévistes

Ces chiffres caractérisent parfaitement la situation : au lieu de 26.000 ouvriers qui prennent l'initiative de la grève en 1900, année prospère, afin d'augmenter leurs gains, nous en trouvons 30.000 qui, en 1901, année de crise, sont acculés à la grève pour défendre leurs salaires. Si l'on prend la grève comme indice économique, c'ost donc bien les grèves ayant pour objet les salaires qu'il faut considérer et, parmi elles, il y a lieu de tracer deux catégories dont la signification est différente : les grèves offensives et les grèves défensives.

Si la crise de 1901 fut violente, elle ne fut pas de longue durée ; déjà à la fin de l'année la crise de bourse s'atténuait. Du 30 septembre au 31 décembre 1901, le tableau des valeurs mobilières, dressé par M. de Laveleye, enregistre une valeur coursable supérieure à celle trouvée précédemment. Tout d'abord, la situation ne se releva pas franchement et, pendant les premiers mois de 1902, elle resta stationnaire. Cependant une nouvelle période ascensionnelle se prépare : après la secousse

de 1901. les affaires reprennent leur marche en avant, lente au début, puis très vive jusqu'au moment où une chute nouvelle marque le retour de la crise.

Voici les renseignements que nous apporte notre index :

1901	crise	156.67
1902		157.80
1903	essor	165.78
1904		171,33
1905	expansion	179.26
1906		189.79
1907		195.38
1908	crise	187.41

L'histoire économique des dernières années se trouve fidèlement résumée dans ces quelques chiffres. Nous regrettons seulement que la lenteur de la publication des données statistiques ne nous ait pas permis de continuer notre tableau jusqu'à l'année 1910.

Immédiatement après la secousse de 1901, l'industrie des moyens de production reprenait en Belgique une marche satisfaisante dès le début, tout à fait excellente ensuite. Les chiffres ci-après nous en donnent une image.

	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Houille (milliers de tonnes)	22.213	22.871	23.797	23.255	23.300	24.365
Fer et fonte (valeur milliers de francs)	114.717	125.475	121.068	127.238	151.666	164.054
Acier (valeur milliers de francs)	94.765	114.814	126.391	137.491	169.046	192.964
Zinc, plomb, argent (valeur milliers de francs)	81.913	94.542	111.397	119.167	129.904	125.525

L'index spécial du groupe II qui, avec les éléments ci-dessus, en réunit d'autres qui ne sont pas eux-mêmes sans intérêt, traduit cette marche ascendante en quelques chiffres significatifs :

	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Index	179.57	197.80	211.09	220.64	246 76	258.64

Le groupe des industries des moyens de production que nous avons laissé à 179.57 en 1902, au lendemain de la crise, monte donc en six années à 258.64, gagnant ainsi 79.07 points, c'est-à-dire autant que de 1884 à 1902. Après cette constatation, il paraît superflu d'insister sur le caractère d'exceptionnelle prospérité de la période 1902-1907.

Les échanges suivirent une évolution parallèle. Si nous interrogeons quelques-uns des indices les plus indicatifs des conjonctures économiques, nous constatons immédiatement une situation très propice. Voici le tableau des Index particuliers :

	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Importations (commerce spéc.)	138.7	149.8	155.0	166.6	184.2	203.7
Exportations (commerce spéc.)	117.9	125.6	124.0	152.9	157.0	162.2
Navigation maritime	249.3	267.9	274.4	285.2	317.8	329.6
Recettes des chemins de fer .	146.0	152.0	157.5	167.9	175.0	178.1
Montant des effets escomptés à la Banque Nationale . . .	138.8	145.3	142.2	150.6	164.1	169.8

La crise s'annonça dès 1907. Sa généralité nous est attestée par Lexis qui, dans sa communication à l'Institut international de statistique, disait en 1909 :

« Depuis presque deux ans nous sommes témoins d'une marche rétrograde des affaires dans tous les pays. Ce mouvement a pris son départ en Amérique, où il fut inauguré en octobre 1907 par une crise d'une intensité extraordinaire. L'Angleterre et surtout l'Allemagne ont subi la répercussion de cette secousse à un degré très sensible ; la France était très peu atteinte directement, mais elle aussi s'est ressentie de la dépression économique qui s'est propagée sur tout le monde civilisé. » Il nous semble que le savant professeur de Göttingen place quelques mois trop tard le début de la crise. Les premiers mois de l'année 1907 accusaient une situation très tendue. L'escompte atteignit un taux extraordinairement élevé, notamment à Berlin. En Belgique, le taux moyen de l'escompte, pour l'année 1907, fut de 4,95 %, chiffre le plus élevé que l'on ait relevé depuis 1880. Ce seul fait montrait que les grandes institutions financières craignaient une crise. L'élévation continue et exagérée des prix annonçait aussi dès les débuts de 1907 qu'on touchait à une période de réaction. Celle-ci commença au mois de juillet. L'*Index-Numbers* de Sauerbeck est très significatif à cet égard. Nous en reproduisons ci-après les données par mois, car on peut y apercevoir la naissance de la crise et en suivre les progrès (1).

1907

Janvier	80,0	Juillet	81,1
Février	80,7	Août	79,4
Mars	80,0	Septembre	79,1
Avril	80,7	Octobre	78,8
Mai	82,4	Novembre	76,7
Juin	82,0	Décembre	76,2

(1) Journal of the royal statistical Society, 1908, p. 132.

Ainsi l'année 1907 marque à la fois le summum de la période de prospérité et le commencement de la crise. En même temps que les prix faiblissaient, la production industrielle et une quantité de phénomènes réflexes de la vie sociale et économique manifestaient un mouvement de recul accentué. L'index de la production, fixé à 258,64 en 1907, tombe à 220,61 en 1908; les importations rétrogradent de 203,7 en 1906 à 183,0 en 1008 ; les exportations perdent autant de terrain : de 162.2 elles faiblissent à 144,7 en 1908 ; la navigation maritime marque un moment d'arrêt, et il en est de même d'une série de symptômes économiques trop longue à rapporter ici. Faisons encore remarquer la diminution de la consommation de la bière (133,01 en 1907, 129,1 l'année suivante), du vin (134,5 en 1907 contre 131 en 1908), la baisse du salaire de l'ouvrier mineur (161.6 d'une part, 153.3 de l'autre), la diminution du produit du droit de patente, etc. La crise de 1908 ressemble à celle de 1901. Elle éclata brusquement après une période de prospérité beaucoup plus accusée que les précédentes. Comme la crise de 1901, celle de 1908 ne fut pas de longue durée ; en 1909, se manifestait nettement un nouvel essor qui ne tarda pas à se transformer en 1910 en une période de franche expansion et de hausse des prix.

X

L'INDEX PARTICULIER DES CRISES

Au mois de juillet 1909, une Commission spéciale, dite Commission des crises économiques, instituée en France auprès du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale, a essayé de déterminer les symptômes des crises, c'est-à-dire, le point de départ de la phase de dépression. Du nombre considérable de phénomènes

économiques importants qui furent envisagés par la Commission, huit seulement lui parurent mériter d'être retenus comme symptômes des crises.

Ce sont : le mouvement du chômage dans les Trades Unions anglaises et les syndicats français, le mouvement général des prix de matières premières, des produits alimentaires et de l'ensemble des produits, le mouvement total du commerce de la France, les fluctuations de la consommation de la houille, les mouvements du portefeuille commercial de la Banque de France, les états successifs de l'encaisse métallique de cette banque, le trafic des chemins de fer (tonnage et recettes). — En Belgique, nous ne pourrions utiliser un Index composé de ces éléments. Nous ne possédons pas de données systématisées sur les prix ; le mouvement syndical n'est pas suffisamment important pour être représentatif du degré d'employement de la classe ouvrière ; l'encaisse métallique de la Banque Nationale n'est pas ce qu'elle devrait être. Aussi, tout en utilisant certains indices conseillés par la Commission française, avons-nous dû en éliminer un certain nombre et en ajouter d'autres. L'index ainsi composé se nomme « Index particulier des crises ». S'il correspond aux conjonctures économiques indiquées par l'index général, nous aurons une confirmation de la valeur de celui-ci, en même temps qu'une indication favorable à la valeur de l'index particulier. Les phénomènes envisagés dans cet index particulier sont : le rapport du nombre de mariages au nombre de couples ayant atteint l'âge légal du mariage, la quantité de houille extraite, la valeur de la production du fer et de la fonte, ainsi que de l'acier, la valeur des importations (commerce spécial), celle des exportations (commerce spécial), le montant des effets escomptés à la Banque Nationale (le tout proportionné au chiffre de la population), le mouvement des marchandises transportées par chemin de fer (par rapport à la longueur des lignes exploitées)

et le taux moyen annuel de l'escompte simplement rapporté à 1884. Nous reproduisons ici les données proportionnelles relatives à ces indices ; ces calculs sont extraits du tableau II annexé à ce travail :

Années	Mariages (nombre)	Houille (quantité)	Fer et fonte (valeur)	Acier (valeur)	Importations (valeur)	Exportations (valeur)	Chemins de fer (marchandises) (poids)	Effets (Banque nationale) (valeur)	Escompte (taux)	Totaux
1880	104.0	97.9	—	—	123.7	95.1	98.2	100.9	99.1	718.9
1881	104.5	96.8	111.7	97.6	118.3	100.8	100.8	101.7	77.1	909.3
1882	102.5	99.7	123.6	120.4	115.3	101.4	103.0	101.7	66.9	934.5
1883	103.0	101.8	116.1	115.5	110.1	101.6	105.0	98.2	91.6	942.9
1884	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	900.0
1885	100.5	95.5	87.0	74.7	92.4	88.7	95.1	99.4	101.1	834.4
1886	99.0	93.7	80.7	76.0	91.7	86.5	95.3	97.3	115.7	835.9
1887	105.0	98.6	89.8	102.1	97.2	89.8	95.7	100.6	106.6	885.4
1888	104.0	101.1	99.8	104.1	102.2	88.3	110.1	99.4	100.0	909.0
1889	106.1	104.5	112.5	134.8	103.6	103.5	115.5	102.1	91.9	974.5
1890	108.5	107.5	120.0	144.6	111.8	102.4	115.2	108.4	103.0	1021.4
1891	109.6	102.7	99.0	133.1	119.0	107.1	114.7	114.3	109.6	1009.1
1892	112.6	101.3	91.5	125.0	100.6	95.6	112.2	109.6	118.7	967.1
1893	111.6	99.3	85.5	129.3	102.0	93.7	119.4	109.8	114.8	965.4
1894	111.1	104.2	85.3	178.7	101.2	89.3	123.2	112.6	109.6	1015.2
1895	114.6	102.3	81.8	185.6	106.3	93.5	114.3	126.0	121.7	1046.1
1896	119.7	104.9	97.3	272.7	111.0	97.8	120.9	119.7	114.5	1158.5
1897	121.7	104.6	104 0	297.5	115.3	106.8	110.9	123.9	109.6	1194.4
1898	122.7	106.1	101.6	322.2	120.6	111.6	117.2	126.7	108.2	1236.9
1899	126.7	104.8	122.3	400.0	132.2	120 7	140.2	134.3	81.9	1363.1
1900	128.2	112.3	132.0	442.6	131.9	121.5	148.0	143.7	77.8	1438.0
1901	124.2	104.7	82.4	296.4	130.0	113.5	145.8	138,4	102.2	1237.6
1902	120.7	106.3	91.0	385.6	138.7	117.9	152.9	138.8	109.6	1361.5
1903	116.6	109.1	98.3	461.6	149.8	125.6	158.9	145.3	104.5	1469.2
1904	120.2	105.3	93.6	500.1	155.0	124.0	162.9	142.2	109.6	1512.9
1905	117,6	104.2	97.2	539.9	166 6	132.9	172.6	150.6	104.5	1586.1
1906	119.7	107.2	120.1	655.2	184.2	157.0	186.7	164.1	84.3	1778.5
1907	119.2	106.7	122.7	740.0	203.7	162.2	188.5	169.8	50.9	1863.7
1908	115.7	105.0	94.6	523.6	183.0	144.7	163.7	164.9	93.6	1589.0

L'index formé à l'aide de ces neuf indices fournit des indications qu'il est intéressant de rapprocher de celles de l'index général.

	INDEX CALCULÉ SUR	
Années	9 indices	43 indices
1880	102.70	97.72
1881	101.03	100.29
1882	103.83	102.53
1883	104.77	102.40
1884	100.00	100.00
1885	92.71	97.93
1886	92.88	97.81
1887	98.37	100.37
1888	101.00	102.57
1889	108.28	106.18
1890	113.49	116.54
1891	112.12	118.00
1892	107.45	116.54
1893	107.27	117.52
1894	112.80	120.05
1895	116.23	123.71
1896	128.72	130.89
1897	132.71	136.59
1898	137.76	147.97
1899	151.45	152.82
1900	159.78	159.47
1901	137.51	156.67
1902	151.28	157.80
1903	163.24	165.78
1904	168.10	171.33
1905	176.23	179.26
1906	197.61	189.72
1907	207.08	195.38
1908	176.55	187.41

Le parallélisme des deux courbes est frappant. La principale différence entre elles est que l'index particulier est évidemment plus sensible que l'autre en temps de crise. Toutes les sources de la richesse ne se trouvent pas atteintes par l'effet des crises industrielles et celles qui le sont ne sont pas toutes touchées au même degré. Il est donc naturel qu'en temps de crise l'index général montre une résistance qu'on ne trouve pas dans l'index particulier.

XI

CONCLUSION

Un état économique et social qui se résume en une situation normale et équilibrée au point de vue démographique et moral, en une sensible augmentation de toute la grande production industrielle, en un notable accroissement de l'importance des échanges et des consommations est évidemment un état économique et social qui se trouve en progrès. Nul, nous le croyons, ne contestera que tel est bien le résumé fidèle de la situation de la Belgique au cours des années postérieures à 1884.

Cette évolution progressive a été arrêtée à différentes reprises et des régressions plus ou moins longues et sensibles se manifestent dans la ligne ascensionnelle des progrès économiques de la Belgique. Nous avons établi que ces dépressions correspondaient aux périodes de crises économiques dont elles traduisent les effets avec une grande fidélité.

C'est, pensons-nous, le principal enseignement que l'on peut retirer de l'index totalisateur. Ajoutons immédiatement que cet enseignement est nouveau, étendu et d'une utilité incontestable. Benini nous semble avoir

exactement exprimé la portée des recherches de cette nature quand il écrit que la sémiologie se propose surtout d'observer et de calculer les modifications qui surviennent dans l'état économique d'un peuple. Reconnaître les périodes de dépression économique, en mesurer la durée et l'intensité, telle est bien la fonction de l'index totalisateur qui vient ainsi donner satisfaction à l'un des desiderata les plus instamment exprimés par la science et par la pratique. Il serait peu sage d'attendre beaucoup davantage de la méthode dont nous avons fait une application. Des conclusions poussées plus loin risqueraient de s'égarer. Que l'on n'aille pas surtout confondre l'augmentation des activités économiques de tout ordre avec l'accroissement du bien-être dans son sens large et philosophique ; ce dernier dépend d'éléments d'ordre intellectuel et moral impondérables à l'égard de la statistique ; la justice sociale, qui en est un élément important, l'équilibre entre toutes les forces intellectuelles et économiques de la Nation, ne peuvent se traduire dans des statistiques à l'égal des recettes de chemins de fer ou du montant des effets escomptés.

Et, sans que nous voulions nier la valeur des inductions scientifiques, nous ne sommes pas d'avis non plus que le calcul nous conduise à prévoir, en nous basant sur le passé, ce qui arrivera demain. Ne sommes-nous pas dans une matière excessivement changeante et mobile et les prévisions les mieux établies ne peuvent-elles être rapidement démenties par l'événement ?

C'est avec les réserves qui viennent d'être formulées qu'il convient d'utiliser l'Index totalisateur pour apprécier les progrès économiques de la Belgique de 1884 à 1908. Ces vingt-cinq années présentent le tableau d'une activité économique intense, d'une véritable surabondance de vitalité dans une série de directions. L'analyse ne peut entièrement suppléer à l'étude des éléments de l'Index qui se trouve réuni dans les deux

tableaux. Elle permet toutefois de dégager un certain nombre de données essentielles.

Si nous envisageons l'année 1907, nous trouvons que, par rapport à 1884, après avoir été proportionnés à la population ou à d'autres phénomènes, certains indices ont augmenté dans les proportions suivantes :

Augmentations de plus de 100 p. c.

(1884 = 100)

Valeur de la production de l'acier	740
Valeur de la production du zinc, plomb et argent	325
Force HP des moteurs utilisés dans l'industrie	236,5
Valeur des importations (commerce spécial)	203,7
Tonnage des navires	329,6
Transports de houille et de coke par les voies navigables	226,3
Nombre de voyageurs sur les chemins de fer	266,5
Nombre de télégrammes de bourse et d'affaires	207,7
Effets de commerce perçus par la poste (montant des)	204,2
Droit de patente établi à charge des sociétés (montant du)	467,6
Dépôts à la Caisse d'épargne	759

Augmentations de plus de 75 p. c.

Marchandises transportées par chemin de fer	188,5
Recettes des chemins de fer	178,1
Circulation postale	197,4
Mandats et bons-poste	183,9

Augmentations de plus de 50 p. c.

Valeur des exportations (commerce spécial)	162,2
Effets escomptés à la Banque nat^le (montant des)	169,8
Salaire moyen de l'ouvrier houilleur	161,6

Augmentations de plus de 25 p. c.

Reconnaissances d'enfants naturels dans l'acte de mariage	126,8
Valeur de la production des carrières	139,8
Nombre de moteurs à vapeur	139,3
Consommation de la bière	133,1
Vins mis en consommation	134,5

Au total, et malgré la réduction opérée du chef des indices pathologiques, l'index se clôture à 195.38 en 1907 et à 187.4 en 1908, contre 100 en 1884.

Il serait extrêmement intéressant de voir, dans d'autres pays que la Belgique, se poursuivre des recherches analogues aux nôtres. L'entreprise exige surtout du temps et de la patience, mais les peines occasionnées par ce travail sont amplement compensées par la satisfaction intime qui est la plus haute récompense du labeur scientifique. C'est en exprimant le vœu de voir ces investigations donner lieu à de nouveaux travaux théoriques et pratiques que nous terminons cet essai, dont nous sentons sans doute les imperfections, mais dont nous pouvons dire : « ceci est une œuvre de bonne foi ».

ARMAND JULIN.

Tableau I

NOMBRES ABSOLUS PAR ANNÉE

INDICES		1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893
Population et indices d'ordre moral															
[illegible]	unités	158,380	161 044	162 066	[illegible]	161 754	159,903	159 918	160,017	160 230	159 959	161,549	165 910	161 782	166 976
[illegible]	id.	15 284	15 767	14 279	[illegible]	14 987	15 140	15,172	15 449	15 356	15,805	15 246	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	id.	125 525	[illegible]	114,208	[illegible]	121 070	117,775	124 904	115,296	[illegible]	119 726	126,545	128 786	[illegible]	[illegible]
[illegible]	id.	591	550	595	[illegible]	596	670	629	708	689	749	724	768	[illegible]	[illegible]
[illegible]	id.	38 926	39 487	39 214	38 668	39,205	39,910	39 042	42 101	42 427	43,759	44 506	45,449	47,209	[illegible]
[illegible] l'acte de mariage	id.	2 094	2,575	2 475	2 102	2,245	2,337	2,425	2,458	2,349	2,476	2,408	2 620	2 615	2,512
[illegible]	id.	[illegible]	2,082	2 205	2 280	2 400	2,450	2 662	2 575	2 605	2,582	2,686	2 647	3 454	2 974
8. Nombre de condamnés (tribunaux correc- [illegible])	id.	24 287	25 470	26,601	26,961	27,203	27,004	28 961	29,789	29 397	30 217	30,127	32 690	36 579	34 704
9. Aliénés	id.	8 163	8,250	8,406	8,705	[illegible]	9,528	9 584	9 840	10 280	10 515	10,777	[illegible]	11 480	11 994
II Production															
10. Mines de houille	tonnes (mil.)	16,807	16,874	17,591	18 178	18 052	17,458	17 286	18 379	19 218	19 870	20 366	19 676	[illegible]	19 411
[illegible]	francs (mil.)		58 818	42 207	[illegible]	36,959	32 746	32 367	33 215	35 579	[illegible]	39 280	37 818	38 112	41 435
[illegible]	id.	-	114 091	127 731	[illegible]	105 722	95,560	87 119	98 048	110,847	125 310	122,675	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	id.	—	19 442	24,277	27 649	20 022	[illegible]	16,012	21,761	[illegible]	29,178	31 278	29,111	27 601	28,868
Zinc [illegible]	id.		31,041	33,454	31 157	30 531	31,565	[illegible]	35,847	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	46 153
[illegible]	unités	-	14 742	14 926	[illegible]	15,397	[illegible]	16,086	16,367	[illegible]	17,168	18,115	18 504	18 851	[illegible]
Force HP [illegible]	id.		685 421	722 774	718 921	750 224	[illegible]	795 924	[illegible]	821 988	850 412	905 855	950 846	995 507	1 052 492
III Échanges															
17. Importation (commerce spécial)	francs (mil.)	1,680,802	1 629,874	1 607 565	[illegible]	1,425 745	1 347 047	1,355,040	1,451 935	1,534 567	[illegible]	1 672,115	1 799 815	1,556,454	1 575,150
18. Exportation (commerce spécial)	id.	1 216 741	1 302,470	1 325 917	[illegible]	1,337,470	1 200,005	1 181 974	1 240,625	1,245 701	[illegible]	1 457 024	[illegible]	[illegible]	[illegible]
19. Navigation maritime	ton. Moorsom	3,571 182	[illegible]	3 941,920	[illegible]	4 672 987	4 072 048	4,094,026	[illegible]	4,912,601	[illegible]	5 785 980	6,025,759	5,782,157	[illegible]
[illegible]	ton. kilom.	162 536,600	146 574,862	145,091,452	147,102 162	[illegible]	161,104 795	167 224 252	186 608,005	170,844 414	180,212,189	178 119 169	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	(mil.)	54,014	54 659	58,527	60 312	64,462	65 522	65.877	68 829	73,380	76 277	82 580	86,549	88 457	92,117
[illegible]	tonnes (mil.)	36 760	38.044	39,928	40 913	39,589	37 869	38 042	38 578	44,202	[illegible]	47.032	[illegible]	[illegible]	48 746
[illegible]	francs (mil.)	[illegible]	[illegible]	158,883	[illegible]	159 056	157 602	[illegible]	160 920	169,650	177,144	182,210	185 588	179 689	[illegible]
[illegible]	id.	11,760	12,566	12,595	13,836	14 206	14,720	15 165	15 741	16 545	17,185	17,756	18 262	18,647	19,062
Nombre de télégrammes [illegible] bourse et affaires industrielles	(mil.)	1,550	—	1 651	1,089	1 734	1,659	1 645	1 788	1,937	2,031	2,454	2,552	2 579	2,514
Montant [illegible] Banque nationale	francs (mil.)	1 894 612	[illegible]	2 039.062	2 012 426	2,071,683	2,088 655	2 059,295	2 155 774	2 167,521	2 228 110	[illegible]	2,512,884	[illegible]	2 465,654
[illegible] Poste [illegible]	francs	545 585	[illegible]	441,260	476,589	[illegible]	518 477	552 905	571 057	610 641	645,102	674,380	698 940	704 254	716,459
28. Mandats et bons-postes (Recettes pro-[illegible])	id.	571 697	[illegible]	427,166	430,263	440,714	473,134	489 010	507 212	527 580	545 946	552,041	577,640	[illegible]	598,941
29. Taux moyen de l'escompte	taux p. c.	[illegible]	4.08	4.42	3.60	3.32	3.28	2.80	3.10	3.52	[illegible]	3.22	3	[illegible]	[illegible]
30. Nombre de faillites	unités	618	[illegible]	550	634	[illegible]	[illegible]	660	656	678	654	611	577	[illegible]	[illegible]
31. [illegible] en Belgique															
Avoine	100 kilos	19.74	19.80	18.68	17.00	17.55	17.20	16.20	15.85	14.32	14.57	16.50	16.66	14.86	16.40
Froment	id.	28.56	28.53	27.11	23.46	21.04	19.80	18.83	19.16	19.47	18.44	19.71	[illegible]	19.40	[illegible]
Orge	id.	21.60	21.08	21.09	19.24	18.64	17.48	15.65	15.75	16.97	16.06	17.26	18.04	16	15.78
Seigle	id.	22.24	22.02	18.20	17.34	16.72	15.70	14.21	15.42	15.81	13.26	14.80	[illegible]	16.44	[illegible]
Graines de lin	id.	34.80	[illegible]	32.52	28.64	27.61	28.00	28.00	27.05	[illegible]	26.04	27.04	29.14	[illegible]	[illegible]
Pommes de terre	id.	10.54	7.54	9	10.09	6.51	6.07	6.52	6.99	8.75	8.20	6.55	9.10	8.02	4.78
Foin	id.	11.22	11.40	9.65	4.94	7.95	7.09	7.57	7.62	8.46	7.22	5.94	6.95	8.50	11.14
Beurre	kilog.	3.22	3.24	3.11	3.16	2.82	2.65	2.65	2.61	2.61	2.50	2.45	[illegible]	2.79	2.73
IV Consommation et revenus															
32. [illegible]	hectol. (mil.)	9.305	9.585	9.165	9.305	9.800	9.475	9.561	10 241	10,251	10 685	10.820	10.815	10 978	11 448
33. [illegible]	hectolitres	204 686	[illegible]	206,907	181,409	[illegible]	198 250	182,662	191 737	[illegible]	203,738	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
34. [illegible]	kilos (mil.)	11 657	14,837	[illegible]	17,558	12,285	11,540	15 415	12,168	[illegible]	12 910	12,961	12 974	12,960	13,877
35. Salaire moyen de l'ouvrier mineur	francs	920	951	926	1006	914	812	783	815	869	952	1117	1086	957	887
36. [illegible]	id.	—	—	—	568,104	[illegible]	656.226	[illegible]	649.471	[illegible]	671,448	685 846	[illegible]	[illegible]	658,187
37. Droits de succession et de mutation	francs (mil.)	[illegible]	447,536	[illegible]	341,458	369,072	366,570	367.744	471.767	388 650	346,598	352,468	363 834	425 814	378 820
38. Montant du droit de patente établi à charge des sociétés anonymes et en comman-dite [illegible]	francs	[illegible]	1,519 452	1 673 725	1,636.868	1,562,040	1,511,067	1,410,264	1 391,869	1 505 456	1,545 147	1 827,805	1 700 819	1 536,760	1 675,535
39. Montant du droit de patente établi à charge [illegible]	id.	4 752 658	4,790,502	4,874,430	4,928,406	4 912,856	4,924,042	[illegible]	4,924,904	4,980 671	5 055,314	5,045,246	[illegible]	[illegible]	5,269 672
40. [illegible]	francs (mil.)	154 658	[illegible]	139.840	[illegible]	144.914	147.143	149 410	153,771	155 017	158 245	[illegible]	162.800	[illegible]	167 218
41. Dépôts à la caisse d'épargne (moins de 5000 francs)	id.	47,156	[illegible]	61 320	67 738	77.907	89.795					269,91[illegible]	290,084	318,666	[illegible]
42. Nombre de livrets de particuliers à la caisse d'épargne		[illegible]	[illegible]	322,256	367,276	[illegible]	440,040	481,071	542.057	595,970	632,522	[illegible]	794 605	[illegible]	[illegible]
43. Cours moyen du 3 % belge		84 42	85.44	84,41	[illegible]	84	88.98	94.41	92.70	92 09	95.72	97.15	98 60	[illegible]	101.26

INDICES		1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908
Population et indices d'ordre moral																
[illegible]	unités	162 150	167 264	172 625	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	185 940	182 564	179,414	[illegible]	[illegible]	174,558	175 454	[illegible]
[illegible]	id.	16,512	16 811	16,510	[illegible]	15,052	[illegible]	14,457	14 637	13,767	12,887	[illegible]	13 409	11 955	12 064	11,325
[illegible]	id.	118 215	[illegible]	115 748	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	118 545	115,547	121 064
[illegible]	id.	859	812	869	[illegible]	[illegible]	781	786	[illegible]	[illegible]	818	878	918	848	826	970
[illegible]	id.	[illegible]	49,712	[illegible]	54 198	55,444	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	58,588	[illegible]	57 564
[illegible] l'acte de mariage	id.	2 664	2,675	2 780	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2 255	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2 222	2 482	[illegible]	2 018
[illegible]	id.	2 892	2 486	2 410	2,547	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1 945	2,123	2 147	[illegible]	2,001	[illegible]	2 018	1 929
8. Nombre de condamnés (tribunaux correc- [illegible])	id.	32,072	34,547	34,216	32 840	31 622	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	34 998	32 671	[illegible]	36,915	35,730
9. Aliénés	id.	12 500	12 802	[illegible]	13 508	14 222	14 605	[illegible]	[illegible]	15,082	[illegible]	[illegible]	16 944	17 210	[illegible]	17 690
II Production																
10. Mines de houille	tonnes (mil.)	[illegible]	20 458	21,252	21,492	22,088	[illegible]	23 465	[illegible]	[illegible]	23 797	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	francs (mil.)	[illegible]	[illegible]	41 874	49 264	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	65 258	[illegible]	[illegible]	62,874
[illegible]	id.	98,417	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	114,717	[illegible]	[illegible]	127 258	[illegible]	[illegible]	127 467
[illegible]	id.	[illegible]	42,419	[illegible]	69,828	[illegible]	[illegible]	[illegible]	71,870	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	192 984	137 834
Zinc [illegible]	id.	42 746	46 170	[illegible]	[illegible]	78,057	[illegible]	84,650	[illegible]	[illegible]	[illegible]	111 597	[illegible]	[illegible]	[illegible]	116 421
[illegible]	unités	[illegible]	19 664	[illegible]	[illegible]	[illegible]	22,400	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	27,124	27,546
Force HP [illegible]	id.	1,062 876	1,090,922	1 127 468	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1 588 914	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1 946 496	[illegible]	2,210 147	2,348,495
III Échanges																
17. Importation (commerce spécial)	francs (mil.)	[illegible]	[illegible]	1,776 752	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2,173,497	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3 352 487	3 675 914	3 296 052
18. Exportation (commerce spécial)	id.	[illegible]	[illegible]	1,467 944	1 626,572	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2,027,875	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2.170.565
19. Navigation maritime	ton. Moorsom	[illegible]	[illegible]	7,485,206	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	ton. kilom.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	229,155 807	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	(mil.)	[illegible]	[illegible]	106,852	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	181 216	176,822
[illegible]	tonnes (mil.)	[illegible]	[illegible]	49,670	[illegible]	47,974	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	78.043	77 560	—
[illegible]	francs (mil.)	194 587	176 058	185 045	[illegible]	[illegible]	[illegible]	237 524	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	291 975	290,128	—
[illegible]	id.	19,812	20,607	21,501	[illegible]	[illegible]	[illegible]	26,410	27 516	[illegible]	[illegible]	[illegible]	33 224	34 505	35 615	
Nombre de télégrammes [illegible] bourse et affaires industrielles	(mil.)	[illegible]	[illegible]	2,770	2 920	3 473	3 822	3 490	[illegible]	3 710	3,704	[illegible]	[illegible]	4 244	[illegible]	4,324
Montant [illegible] Banque nationale	francs (mil.)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3,442,890	[illegible]	[illegible]	3 676,550	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4 449 748	[illegible]
[illegible] Poste [illegible]	francs	756,878	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1 110 863	[illegible]	1,241 880	1 512,551	1 545,087
28. Mandats et bons-postes (Recettes pro-[illegible])	id.	619,591	628,867	655,882	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	876,117	[illegible]	[illegible]	954,060	1 011 062	[illegible]	[illegible]
29. Taux moyen de l'escompte	taux p. c.	3	2.60	[illegible]	3	[illegible]	[illegible]	4.09	[illegible]	3	[illegible]	3	3.17	[illegible]	4.95	[illegible]
30. Nombre de faillites	unités	625	[illegible]	548	[illegible]	—	601	[illegible]	[illegible]	[illegible]	615	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	547
31. [illegible] en Belgique																
Avoine	100 kilos	14.50	15.54	15.08	[illegible]	16.95	16.70	[illegible]	17.04	18.42	[illegible]	[illegible]	[illegible]	18.20	19.15	18.17
Froment	id.	15.61	15.08	[illegible]	[illegible]	[illegible]	16.19	[illegible]	16.31	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	16.98	18.69	19.52
Orge	id.	14.72	13.87	[illegible]	14.57	[illegible]	16.72	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	17.88	17.73
Seigle	id.	[illegible]	10.81	11.12	12.55	14.51	[illegible]	14.28	15.64	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	14.88	16.64	17.01
Graines de lin	id.	[illegible]	[illegible]	20.90	21.85	[illegible]	[illegible]	37.95	31.45	[illegible]	27.12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	28.41
Pommes de terre	id.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	6.07	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	6.57	[illegible]	[illegible]	8.16	[illegible]	7.72	7.82
Foin	id.	8.30	5.05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	7.22	[illegible]	[illegible]	7.87	[illegible]	6.85	6.94
Beurre	kilog.	[illegible]	2.45	2.46	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2.75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2.87	[illegible]
IV Consommation et revenus																
32. [illegible]	hectol. (mil.)	11 651	12 513	12 872	[illegible]	[illegible]	14.127	14 761	[illegible]	[illegible]	14 956	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	16 155
33. [illegible]	hectolitres	240 927	[illegible]	306 208	257,607	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
34. [illegible]	kilos (mil.)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	14 792	16,186	[illegible]	[illegible]	16 772	[illegible]	[illegible]	20,751	[illegible]	17,940	20,041
35. Salaire moyen de l'ouvrier mineur	francs	941	948	989	1025	1097	1168	[illegible]	1217	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1401
36. [illegible]	id.	607 058	[illegible]	567.219	[illegible]	[illegible]	573.760	[illegible]	[illegible]	665,501	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	619 940	
37. Droits de succession et de mutation	francs (mil.)	375 782	337.677	344 548	[illegible]	357 050	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
38. Montant du droit de patente établi à charge des sociétés anonymes et en comman-dite [illegible]	francs	1,815,674	1,852,843	2 561 158	[illegible]	[illegible]	3,914,734	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	7,027,500	-
39. Montant du droit de patente établi à charge [illegible]	id.	5,565 854	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	—
40. [illegible]	francs (mil.)	169 522	171,896	174 575	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	204,284	[illegible]	[illegible]	218,520	225 149
41. Dépôts à la caisse d'épargne (moins de 5000 francs)	id.	318,175	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	615,587	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	782,956
42. Nombre de livrets de particuliers à la caisse d'épargne		1.074 688	[illegible]	[illegible]	1,371 452	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1,855,770	[illegible]	2 081 584	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
43. Cours moyen du 3 % belge		[illegible]	101 51	[illegible]	101 48	[illegible]	[illegible]	[illegible]	97.54	[illegible]	[illegible]	[illegible]	99.75	[illegible]	[illegible]	94.51

Tableau II

NOMBRES PROPORTIONNELS PAR ANNÉE

INDICES	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908
I. Population et indices d'ordre moral																													
1. Natalité légitime		100.5	99.4	97.2	100	94.6	94.1	92.8	92.0	91.0	90.9	93.8	90.4	92.4	90.4	90.4	92.4	92.4	91.6	92.3	91.4	[illegible]	92.5	89.6	88.3	86.4	85.8	82.5	81.4
2. Natalité illégitime	109.6	107.7	104.9	106.1	100	97.8	97.6	95.8	95.6	94.7	98.0	95.9	95.0	95.0	95.4	91.5	96.4	102.4	107.6	110.2	115.1	118.5	118.5	122.5	125.9	[illegible]	126.1	125.1	[illegible]
3. Décès	95.2	100.0	103.5	103.5	100	103.8	99.0	108.1	105.3	106.2	100.3	100.0	97.1	104.5	110.5	108.7	116.8	117.7	116.8	110.0	108.1	118.3	117.2	119.1	[illegible]	121.0	121.5	124.9	121.1
4. Suicides	96.1	108.3	98.4	99.0	100	89.5	97.1	75.7	88.5	80.5	84.5	78.6	73.8	70.9	70.9	87.4	77.7	89.5	79.6	87.4	86.4	78.6	77.7	86.4	79.6	75.7	86.4	91.9	72.8
5. Mariages	104.0	104.5	102.8	103.0	100	100.5	99.0	105.0	104.0	106.1	108.3	103.6	112.6	111.6	111.1	114.6	119.7	121.7	122.7	126.7	128.2	121.2	[illegible]	116.6	120.2	117.6	119.7	119.2	115.6
6. Reconnaissances d'enfants naturels dans l'acte de mariage	106.6	116.7	105.0	104.7	100	104.4	108.1	107.6	105.6	107.8	109.3	111.1	112.0	105.9	109.8	114.4	115.9	107.4	102.2	107.4	104.6	110.6	[illegible]	117.8	121.7	121.1	125.7	126.8	[illegible]
7. Nombre de condamnés pour crimes (cours d'assises et crimes correctionnalisés (tribunaux correctionnels)	110.2	100.2	94.3	95.5	100	102.6	79.4	84.7	85.5	86.6	81.3	84.5	64.6	72.9	77.9	96.2	[illegible]	96.5	137.0	131.9	120.5	123.6	117.7	117.7	124.7	125.2	[illegible]	126.5	130.2
8. Nombre de condamnés (tribunaux correctionnels) pour délits prévus par le code pénal	106.5	103.1	100.0	99.8	100	99.7	95.0	94.0	96.6	94.8	94.4	83.7	74.3	82.2	88.9	95.4	88.0	95.8	98.2	90.6	88.1	85.8	85.0	87.7	105.9	105.2	95.5	92.7	97.4
9. Aliénés	105.0	103.1	103.7	101.6	100	97.63	95.82	94.0	92.9	89.1	85.9	84.0	80.9	76.9	74.8	71.7	68.5	67.7	62.9	60.0	56.5	54.0	[illegible]	49.6	48.0	47.9	47.2	46.2	46.1
TOTAL	851.2	945.9	906.2	905.2	900	890.33	866.02	857.7	865.8	850.5	853.7	841.2	801.5	812.8	827.7	868.5	873.4	888.6	918.6	917.4	[illegible]	917.5	895.7	907.0	[illegible]	922.0	925.0	953.4	912.5
INDEX	105.9	105.1	100.69	100.58	100	98.93	96.22	95.3	95.98	95.17	94.85	93.80	89.05	[illegible]	91.97	96.48	97.04	98.73	102.07	[illegible]	[illegible]	101.94	99.52	100.78	103.32	102.44	[illegible]	105.93	101.37
II. Production																													
10. Mines de houille	97.9	96.8	99.7	101.8	100	95.5	95.7	98.6	101.1	104.5	107.5	102.7	101.3	99.5	104.2	102.5	104.9	104.6	106.1	104.8	[illegible]	104.7	106.3	[illegible]	105.5	104.2	107.2	108.7	103.0
11. Carrières	—	108.8	117.4	118.0	100	87.6	85.6	87.0	85.9	93.9	101.3	96.5	97.1	113.6	95.2	100.1	108.2	117.0	124.0	128.7	[illegible]	124.0	128.9	150.6	144.8	158.5	134.0	139.8	133.3
12. Fer et fonte	—	111.7	125.6	118.1	100	87.0	80.7	89.8	99.8	112.5	120.0	99.0	91.5	[illegible]	85.5	81.8	97.3	104.6	101.6	122.5	[illegible]	82.4	91.0	98.5	95.6	97.2	120.1	122.7	94.6
13. Acier	—	97.6	120.4	115.5	100	74.7	76.0	102.4	104.1	131.8	144.6	155.1	125.0	120.5	178.7	185.6	272.7	297.5	322.2	[illegible]	[illegible]	296.4	385.6	364.1	500.1	559.9	655.2	740.0	525.6
14. Zinc, plomb, argent	—	105.5	111.0	105.4	100	101.5	102.7	115.7	133.5	144.9	172.2	178.0	164.0	141.9	128.2	136.5	158.2	167.9	221.8	260.6	250.6	222.5	225.1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	298.7
15. Nombre de moteurs à vapeur	—	99.1	99.1	99.2	100	101.0	102.2	102.9	106.5	108.5	112.4	112.0	114.2	115.6	117.0	[illegible]	[illegible]	118.7	121.4	124.8	128.0	[illegible]	134.0	135.9	136.4	136.7	137.4	139.5	140.1
16. Force HP des moteurs	—	96.0	100.0	98.5	100	104.5	105.1	106.5	105.6	110.4	116.6	119.6	125.6	120.0	131.8	135.2	136.0	143.6	145.8	152.4	162.4	178.9	186.1	192.1	202.0	212.8	255.5	[illegible]	249.0
TOTAL	97.9	715.3	770.9	754.3	700	651.8	646.0	701.2	736.3	806.5	874.5	840.9	818.7	802.2	810.1	854.4	995.7	1055.5	[illegible]	1302.6	[illegible]	1158.7	[illegible]	1581.6	1477.6	[illegible]	[illegible]	1810.5	1544.3
INDEX	—	102.18	110.13	107.76	100	93.11	92.28	100.17	105.19	115.21	124.9	120.13	116.95	[illegible]	120.06	122.06	141.06	150.47	[illegible]	186.08	192.79	162.67	179.57	197.80	211.09	220.44	246.76	258.64	220.61
III. Échanges																													
17. Importation (commerce spécial)	125.7	118.5	115.5	110.1	100	92.4	91.7	97.2	102.2	105.6	111.8	119.0	[illegible]	102.0	101.2	108.5	111.0	[illegible]	126.6	132.2	[illegible]	150.0	158.7	149.8	155.0	[illegible]	184.2	203.7	[illegible]
18. Exportation (commerce spécial)	95.4	100.8	101.4	101.6	100	88.7	86.5	89.8	88.5	103.5	102.4	107.1	95.6	95.7	89.3	95.5	97.8	106.8	111.6	120.7	[illegible]	113.5	[illegible]	125.6	124.0	132.9	157.0	162.2	144.7
19. Navigation maritime	87.7	82.6	90.8	105.9	100	100.0	100.5	112.2	120.6	120.7	112.4	118.5	112.0	147.5	159.9	168.4	185.7	195.7	[illegible]	211.0	208.7	228.0	249.5	267.9	274.4	[illegible]	317.8	329.6	320.2
20. Transports de houille et de coke par voies navigables	115.5	104.4	100.3	103.2	100	111.7	115.4	133.5	127.8	127.9	124.1	128.7	139.9	140.6	152.4	150.6	155.2	171.1	172.5	164.5	[illegible]	157.2	174.4	205.6	211.6	221.6	220.6	226.5	210.4
21. Nombre de voyageurs sur les chemins de fer (État et Compagnies)	89.0	88.3	92.5	94.6	100	100.6	101.9	101.9	111.9	115.5	125.3	120.7	132.1	137.9	144.6	147.6	156.2	155.9	188.9	191.6	[illegible]	208.1	212.1	221.4	228.7	245.5	[illegible]	266.5	248.1
22. Marchandises transportées par chemins de fer (État et Compagnies)	98.2	100.8	103.0	105.0	100	95.1	95.3	95.7	110.1	115.5	115.2	[illegible]	112.2	119.4	125.2	114.5	120.9	110.9	117.2	140.2	148.0	145.8	152.9	158.9	162.9	172.6	180.7	188.5	165.7
23. Recettes des chemins de fer (État et Compagnies)	102.4	99.7	102.0	103.5	100	97.7	94.1	99.5	104.6	108.7	110.4	111.4	108.9	115.0	117.6	105.6	110.7	120.2	130.1	136.1	[illegible]	141.1	140.0	152.0	157.5	167.0	[illegible]	178.1	169.7
24. Circulation postale (Recettes provenant de la)	86.4	89.8	98.9	98.1	100	102.0	104.0	106.9	108.8	114.4	118.6	120.7	122.0	125.1	127.5	130.4	133.0	137.7	145.6	154.4	[illegible]	165.0	166.2	171.5	177.1	188.2	190.0	197.4	
25. Nombre de télégrammes pour affaires de bourse et affaires industrielles	92.5	—	97.4	97.5	100	95.4	92.8	99.9	107.2	112.5	134.8	158.8	158.0	[illegible]	132.9	140.4	142.5	147.0	173.7	181.2	171.4	185.5	[illegible]	177.0	184.5	207.4	[illegible]	207.7	195.3
26. Montant des effets escomptés à la Banque nationale	100.9	101.7	101.7	98.2	100	99.4	97.3	100.6	99.4	102.1	108.4	114.5	109.6	109.8	112.6	126.0	119.7	125.9	126.7	151.5	145.7	158.4	158.8	[illegible]	142.2	150.6	161.4	160.8	164.9
27. Effets de commerce perçus par la Poste (Recettes provenant des)	70.8	79.8	88.8	94.7	100	100.8	102.6	108.8	104.1	120.5	126.6	129.3	129.4	150.2	152.9	133.4	159.4	145.7	150.6	157.8	170.7	175.9	174.1	174.8	178.8	181.2	[illegible]	204.2	202.8
28. Mandats et bons postes (Recettes provenant des taxes sur)	86.6	91.0	97.2	101.3	100	104.0	106.4	109.1	111.5	115.2	117.0	121.1	122.7	125.0	126.5	126.1	[illegible]	[illegible]	134.5	[illegible]	141.7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	162.8	170.1	159.7	185.9	184.5
29. Taux moyen de l'escompte	99.4	77.1	66.9	91.6	100	101.1	115.7	106.6	105.0	91.0	105.0	109.6	118.7	114.8	109.6	121.7	111.5	109.6	108.9	81.9	77.8	102.2	109.6	[illegible]	109.6	104.5	84.5	[illegible]	95.8
30. Nombre de faillites	102.1	116.6	115.4	105.5	100	108.7	104.2	103.1	97.9	103.3	109.4	115.1	104.0	105.6	111.9	128.0	124.7	127.5	—	121.6	[illegible]	131.5	131.0	120.5	128.5	135.2	112.8	111.2	114.6
31. Prix des principales denrées agricoles sur les marchés régulateurs en Belgique (indice)	120.2	128.0	117.4	106.5	100	94.7	92.5	90.6	96.1	92.0	90.1	96.5	98.1	[illegible]	83.4	77.4	76.0	82.6	[illegible]	85.5	94.0	[illegible]	91.8	[illegible]	88.7	[illegible]	97.1	100.6	100.8
TOTAL	1478.7	1379.1	1484.8	1514.6	1500	1490.5	1500.7	1558.0	1590.3	1655.1	1736.9	1804.0	1774.7	1786.8	1825.0	[illegible]	1892.5	1987.1	1970.5	[illegible]	2235.5	[illegible]	2341.7	[illegible]	2486.1	[illegible]	2747.8	[illegible]	2541.6
INDEX	98.58	98.50	98.99	100.98	100	99.35	100.05	103.9	106.03	110.2	115.79	120.27	118.31	119.12	121.67	124.62	[illegible]	132.47	[illegible]	[illegible]	148.89	[illegible]	156.11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	183.19	187.57	[illegible]
IV. Consommation et revenus																													
32. Consommation du café	99.5	99.4	95.7	96.6	100	95.6	95.4	101.2	99.2	103.5	105.2	104.0	104.6	107.9	108.7	115.4	[illegible]	119.5	[illegible]	126.5	130.2	128.5	124.8	120.2	129.2	131.5	135.5	135.1	129.1
33. Vins importés et mis en consommation	105.4	96.3	104.0	90.3	100	96.3	88.0	91.2	94.5	95.1	100.6	116.0	109.1	96.7	111.4	117.1	134.2	111.4	113.6	118.8	132.2	132.2	[illegible]	138.2	122.8	135.0	140.2	134.5	131.0
34. Consommation du tabac	99.5	125.0	163.1	144.4	100	92.8	100.9	95.9	92.9	99.8	100.6	99.6	98.1	104.4	105.5	95.5	111.6	107.2	104.5	115.0	125.5	121.5	114.5	[illegible]	133.7	136.4	[illegible]	115.5	127.6
35. Salaire moyen de l'ouvrier mineur	100.7	101.9	101.3	109.5	100	87.7	85.7	89.2	95.1	102.0	122.2	118.8	101.7	97.0	102.9	103.7	107.2	111.9	120.0	127.8	[illegible]	130.4	128.8	132.0	120.4	123.5	130.8	161.6	153.5
36. Monts de piété (produit des ventes annuelles)	—	—	—	—	100	94.5	91.7	84.2	77.6	81.2	70.6	81.2	84.4	75.8	79.0	85.8	92.5	97.0	95.5	[illegible]	[illegible]	102.2	92.0	[illegible]	[illegible]	103.2	106.3	101.0	101.2
37. Droits de succession et de mutation	105.7	117.2	106.4	96.5	100	97.8	100.9	103.9	108.9	92.4	95.1	92.9	106.5	91.5	96.2	[illegible]	98.4	92.9	95.0	92.9	[illegible]	100.8	103.1	100.0	100.0	104.4	109.6	120.8	—
38. Montant du droit de patente établi à charge des sociétés anonymes et en commandite par actions et des associations belges et étrangères	89.7	101.1	111.4	110.5	100	87.3	95.9	92.6	100.1	102.7	121.6	115.2	102.9	111.4	120.7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	339.6	260.4	[illegible]	[illegible]	271.2	282.0	[illegible]	300.0	131.0	107.0	101.8
39. Montant du droit de patente établi à charge des patentables autres que ceux désignés au n° 38	100.0	101.2	101.5	101.9	100	99.4	102.8	97.1	96.3	97.7	98.4	97.7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	98.5	[illegible]	99.4	100.0	[illegible]	101.1	101.5	106.2	[illegible]	107.0	110.4	114.0	118.5	120.1
40. Valeur cadastrale des propriétés bâties	97.5	98.2	98.7	99.6	100	100.3	100.9	102.7	102.5	103.7	105.5	105.9	106.4	106.6	107.2	107.0	107.2	107.5	107.9	108.6	111.8	112.5	113.2	114.7	115.2	116.4	117.0	119.1	120.7
41. Dépôts à la caisse d'épargne (moins de 3000 francs)	63.4	70.3	80.5	87.9	100	115.0		—	—	—	330.0	352.2	381.9	[illegible]	371.6	416.7	402.5	[illegible]	[illegible]	385.6	658.0	771.0	570.0	654.2	688.0	713.4	751.8	759.0	787.2
42. Nombre de livrets de particuliers à la caisse d'épargne	51.4	59.6	81.7	92.2	100	107.9	116.8	130.3	[illegible]	155.7	171.7	185.9	200.4	218.9	[illegible]	255.3	272.6	299.0	321.0	348.4	375.7	392.1	409.6	428.0	440.5	462.4	478.7	495.1	500.9
43. Cours moyen du 3 % belge	100.0	101.7	100.5	97.7	100	105.9	112.4	110.3	110.7	111.6	116.0	117.4	117.8	120.5	121.4	120.6	120.1	120.8	119.9	117.1	115.2	115.8	[illegible]	118.7	118.7	118.7	118.6	116.5	112.5
TOTAL	1012.4	1071.6	1144.5	1126.9	1200	1178.9	1195.4	1198.0	1117.5	1145.4	1546.5	1584.8	1616.5	1651.7	1669.4	1727.5	1868.8	1944.3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2291.2	2408.6	2485.8	2615.1	2760.1	2844.9	2685.4
INDEX	[illegible]	97.42	104.05	102.45	100	98.24	99.58	99.87	101.59	103.94	128.88	132.07	134.71	137.64	[illegible]	143.96	155.73	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	201.72	190.03	[illegible]	[illegible]	217.92	230.01	237.08	214.13
GRAND TOTAL	3420.2	4111.9	[illegible]	4301.0	4300	4211.35	[illegible]	[illegible]	4308.1	4159.3	5011.4	5073.9	5011.4	[illegible]	5162.2	[illegible]	[illegible]	5873.3	[illegible]	6571.1	[illegible]	6757.0	[illegible]	7128.7	7377.4	7708.1	[illegible]	8101.4	7685.7
DIVISEUR	35	41	42	42	43	43	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43	42	42	43	43	43	43	43	43	43	43	43	41
INDEX GÉNÉRAL	97.72	100.29	102.53	102.40	100	97.93	97.81	100.37	102.57	[illegible]	116.54	118.0	116.54	[illegible]	[illegible]	123.71	[illegible]	[illegible]	147.97	[illegible]	[illegible]	[illegible]	157.80	[illegible]	171.53	179.26	[illegible]	195.58	187.44

ESQUISSE

D'UNE

ÉDUCATION DE L'ATTENTION

I

LES BASES GÉNÉRALES

Beaucoup de définitions différentes ont été données par les psychologues suivant qu'ils considéraient l'attention aux points de vue particuliers de l'orientation de leurs idées, des exigences de leurs systématisations. Les uns, philosophes purs, n'ont voulu voir dans l'attention qu'un état conscient. Pour les spiritualistes, l'attention est une tendance de l'esprit se portant vers une modification consciente unique, se détournant de toutes celles qui apparaissent en même temps sollicitant plus ou moins l'activité intellectuelle par des attirances distrayantes. Pour les matérialistes, l'attention est un état organique conscient caractérisé par la tendance vers le monoïdéisme. Sans doute, les uns comme les autres saisissent dans le phénomène conscient quelque chose de ses caractères essentiels, mais il faut se garder de croire que l'attention n'est que cela. Les cliniciens et les expérimentateurs, soucieux de connaître l'attention moins pour la définir, que pour tenter de la diriger et d'en améliorer le rendement, ont tôt reconnu que le

phénomène conscient ne se produit jamais sans être précédé, accompagné, suivi de modifications organiques inconscientes ; celles-ci, l'être attentif les perçoit de façon obscure, mais le physiologiste, le psychologue expérimentateur les observent, les provoquent, les mesurent.

Si, pendant une longue suite de siècles, l'attention fut étudiée principalement par les philosophes usant de la méthode introspective, si les penseurs illustres qui s'appliquèrent à démêler, à préciser, à interpréter les modifications conscientes qui constituent le phénomène de la tension de l'esprit, en tirèrent des conclusions pédagogiques d'une portée générale ; d'autres, s'attachant aux cas particuliers, remplaçant l'appréciation par la mesure, les explications par des démonstrations expérimentales, prouvèrent que, dans le phénomène de la concentration de l'action mentale sur des sensations, sur des mouvements, sur des idées, il n'y a pas que l'élément conscient qui importe, mais encore, dans une mesure parfois très large, les modifications inconscientes qui préparent, soutiennent ou combattent l'action consciente voulue par le sujet attentif.

Il convient donc d'élargir les définitions communément reçues, de considérer l'attention dans son ensemble à la fois comme phénomène conscient et modification inconsciente ou subconsciente, d'étudier l'être attentif tout entier, d'observer, de mesurer et les modifications organiques et les modifications de l'esprit qui se produisent dans tous les états d'attention.

Pour ne pas nous arrêter à une définition qui, dans l'état actuel de nos connaissances, risquerait d'être inexacte ou pour tout le moins incomplète, nous dirons que l'attention est une attitude à la fois de l'esprit et du corps, une manière d'être, partie consciente, partie inconsciente, se caractérisant par une tension de l'esprit laquelle amène un changement de clarté dans les idées,

images, sensations, émotions, bref, dans l'ensemble des modifications occupant à un moment donné le champ de la conscience ; ajoutons que cette tension intellectuelle s'accompagne toujours d'une modification dans la tonicité d'un nombre plus ou moins considérable de muscles, et qu'elle détermine ou du moins semble déterminer des changements plus ou moins profonds dans la circulation et dans la respiration.

Jusqu'où ces phénomènes secondaires conditionnent, préparent, soutiennent ou suivent la tension de l'esprit, c'est ce qu'il serait prématuré de trancher et en tous cas inutile de rechercher ici.

Ayant en vue la culture, l'éducation de l'attention par l'enseignement scolaire courant et par des exercices orthopédiques appropriés, nous nous contenterons de découvrir dans l'acte d'attention les éléments sur lesquels l'entraînement devra agir.

Passons successivement en revue les quatre groupes de phénomènes inséparables de toute attention et qui sont la tension de l'esprit, la contraction d'un nombre plus ou moins considérable de muscles — contraction qui s'accompagne d'inhibition de mouvements des muscles anatomiquement ou fonctionnellement antagonistes — le changement dans le rythme, la vitesse du cœur, les altérations de la fonction respiratoire.

§ 1. — *La tension de l'esprit*

La tension de l'esprit a pour effet immédiat une modification de la clarté relative des idées, des images, des sensations actuellement présentes dans la conscience.

L'éminent psychologue de Leipzig, M. W. Wundt, pour expliquer les modifications produites dans la conscience par les déplacements de l'attention, par l'orien-

tation voulue de l'activité mentale dans une direction déterminée, a comparé la conscience au champ visuel. Ce dernier est toute la partie de l'espace vue par un œil au repos. Or l'étendue faisant face à la rétine est vue dans son ensemble, mais *regardée* dans une portion limitée, celle qui fait vis-à-vis à la tache jaune. Tout ce qui, dans le champ visuel, correspond à la tache jaune, est vu avec le maximum de précision ; ce qui entoure cette portion privilégiée est vu de moins en moins exactement à mesure qu'on s'éloigne des portions directement opposées à la tache jaune, et les parties encore plus excentriques vont en se dégradant de plus en plus pour devenir à peine visibles sur les bords du champ.

Il en va de même du champ de la conscience. Son ensemble est *perçu* avec plus ou moins de clarté suivant la portion envisagée et l'intensité relative des parties ; son centre est *aperçu* avec une clarté d'autant plus grande que ce centre est moins étendu ou occupé par un nombre plus restreint d'objets aperçus.

Mais si le champ visuel et son centre correspondant à la tache jaune se déplacent uniquement par suite des changements de position voulus ou spontanés du globe oculaire, le champ de la conscience, et plus spécialement son centre, se déplace sous l'action de deux facteurs antagonistes : la volonté d'une part, l'attrait des modifications conscientes d'autre part. L'attention est opposée à la distraction. Cette dernière n'est que la forme passive de l'attention. Le distrait est celui dont l'attention est attirée par des modifications dont en ce moment il ne convient pas qu'il s'occupe.

Dès lors, pour envisager dans son ensemble le mécanisme de l'attention, il est indispensable d'examiner d'une part l'attention voulue, active, et d'autre part l'attention subie, passive. L'attention voulue, l'orienta-

tion de l'effort d'attention, l'acte d'attention détermine des déplacements du champ de la conscience dans des directions diverses que l'on peut ramener à deux principales : tantôt le centre du champ de la conscience est porté sur une modification centrale — nous considérons avec le maximum d'attention un souvenir, une idée, une opération intellectuelle — tantôt il se porte sur une modification périphérique, soit qu'il s'agisse d'une sensation — nous regardons un objet, au lieu de nous contenter de le voir, nous écoutons certains sons parmi l'ensemble de ceux que nous entendons résonner à nos oreilles — soit au contraire qu'il s'agisse d'un mouvement — nous nous appliquons à fléchir méthodiquement et harmonieusement le bras sur l'avant-bras, nous marquons le pas, nous achevons un geste.

L'attention active. — L'attention active est la tension voulue de l'esprit sur ou vers une modification consciente, terminus direct ou indirect d'une sensation et commencement lointain ou prochain d'un mouvement ; ou encore sur ou vers une modification sensorielle ou une contraction musculaire.

Le premier et constant effet de cette tension voulue est de changer le degré de clarté, d'aviver la modification consciente périphérique ou centrale sur laquelle elle porte ; d'atténuer, d'effacer les modifications conscientes, concomitantes, que l'attention néglige. Il semble que, sous l'empire de l'attention, la modification consciente fixée, placée au centre du champ de la conscience en face du point d'aperception, s'intensifie ; que les modifications concomitantes rejetées vers les bords du champ de la conscience s'atténuent, s'affaiblissent ; on pourrait dès lors définir l'action de l'attention voulue comme suit : parmi les modifications encombrant la conscience à un moment donné, parmi les stimulations en train de modifier les organes sen-

soriels, parmi les mouvements prévus ou commencés, l'attention active, d'après la direction qu'elle choisit, avive les uns ou mieux l'un et atténue les autres. L'effet immédiat du mouvement tenseur est d'accroître l'intensité de l'une des modifications conscientes et d'affaiblir l'intensité des autres. Pour faire sentir plus clairement encore l'action de la tension de l'esprit vers un point d'élection de son domaine, on pourrait préciser comme suit : lorsque l'attention active se porte sur ou vers un son donné, l'effet de l'orientation nouvelle de la conscience est le même que si, étant demeurée dans l'état antérieur, elle percevait ce son préalablement renforcé par l'accroissement d'amplitude de ses ondes vibrantes.

En d'autres termes, l'attention, se portant sur un son, intensifie celui-ci d'une quantité que l'on obtiendrait de même chez le sujet inattentif en renforçant directement d'autant la stimulation même.

Pareille explication soulève d'emblée une objection redoutable : l'attention voulue, ou l'effort de la volonté ou simplement la volonté a-t-elle le pouvoir de renforcer *effectivement* une sensation, une image cérébrale ? Celle-ci, suite et commencement de mouvements extérieurs est elle-même un mouvement. Comment la volonté pourrait-elle ajouter à celui-ci, créer de l'énergie ?

On a tenté d'expliquer les faits sans recourir à l'idée de création de mouvement, simplement en admettant des déplacements de celui-ci sous l'action de la volonté. La difficulté, diminuée en apparence, n'en subsiste pas moins au fond. Pour changer la direction d'une quantité de mouvement il faut un autre mouvement, si faible soit-il. Quoi qu'il en soit, voici l'interprétation des faits d'après cette théorie.

Supposons à un moment donné dix images cérébrales occupant le champ de la conscience ; celle-ci étant dans une certaine position, une ou plusieurs de ces images

occupent les parties les plus centrales, les autres des parties plus périphériques de ce champ. Brusquement la volonté intervient pour fixer l'image numéro 10, celle qui est le plus au bord, partant la moins claire, la moins vive des dix images actuellement conscientes. Aussitôt cette image numéro 10 s'intensifie en proportion de la concentration d'attention imposée, les neuf autres, dont d'aucunes avaient une intensité moyenne, d'autres une intensité plus grande, s'atténuent, pâlissent, s'effacent ou à peu près. Chacune des dix images étant une certaine quantité de mouvement, on admet par hypothèse que cette quantité est en proportion de l'intensité. Les images sont formées sur des points de l'écorce cérébrale tous reliés entre eux par des fibres d'association. Si donc une des dix images à un moment donné s'intensifie, peu importe pour quelle cause, cela signifie par hypothèse que la quantité de mouvement qui la constitue augmente ; si d'autres images, au même moment et en proportion de l'accroissement d'intensité de la première, s'affaiblissent, cela signifie encore par hypothèse que ces images perdent une partie de la quantité de mouvement qui la constituait. Or comme l'image intensifiée et les images affaiblies sont reliées les unes aux autres par des voies de communication, il est naturel de supposer que c'est la quantité de mouvement soustraite aux unes qui, s'ajoutant à la quantité de mouvement constituant l'autre, avive celle-ci. Diverses causes, parmi lesquelles l'orientation voulue de l'attention, auraient ce résultat : déplacer les quantités de mouvement réparties dans les centres nerveux conscients sur des points reliés les uns aux autres par de multiples voies de communication.

Nous répétons que cette interprétation ne dissipe point toutes les obscurités, mais donne du mécanisme de l'attention une idée relativement simple.

Ce champ de la conscience foncièrement mobile sur

lequel se détachent, plus ou moins claires, les modifications tour à tour attirées vers le centre ou rejetées sur les bords, est mû par la volonté du sujet attentif. Celui-ci porte le maximum de clarté tantôt sur les sensations, sur les mouvements, tantôt au contraire sur les représentations, les émotions, les images, les idées sur le travail mental. L'attention active est périphérique ou centrale.

L'attention active périphérique s'attache de préférence aux sensations, ou se fixe plus volontiers sur les mouvements. Ces deux formes différentes d'attention périphérique apparaissent clairement dans la façon de réagir du sujet attentif : autrement se comportent les sensoriels, autrement les moteurs.

L'attention active centrale place au centre du champ de la conscience les représentations, les images cérébrales résultant de sensations actuelles, ou celles que la mémoire a emmagasinées antérieurement et que rappelle l'état conscient du moment ; ou mieux celles de ces modifications conscientes auxquelles pour l'instant elle donne la préférence, soit qu'elle veuille les élaborer pour leur donner une forme mieux définie, soit qu'elle tende à les écouler comme mouvements par la musculature. C'est sur ces images motrices, bien plus ostensiblement que sur les autres représentations conscientes, que l'on constate l'action intensifiante ou pseudo-intensifiante de l'attention. La représentation d'un mouvement est déjà le mouvement qui commence. Ceci est vrai surtout de la représentation attentive d'un mouvement, et d'autant plus vrai que l'attention fixée sur la représentation de ce mouvement est plus intense. Pensez à un trait vertical tracé de haut en bas ; aussitôt les muscles du bras et de la main prennent le degré de tonicité voulu pour tracer le trait représenté. Si vous pensez attentivement au trait vertical descendant, et que vous tenez au même instant le bras droit tendu,

l'on pourra sans effort abaisser le membre, on rencontrera une résistance sensible si l'on tente de le relever. Concentrez davantage l'attention sur l'image mentale, la résistance du bras à s'élever, son aisance à s'abaisser croîtront parallèlement. Il sera possible, à un observateur quelque peu entraîné, au courant de vos habitudes, d'estimer le degré d'attention que vous apportez à vos représentations de mouvements, par le plus ou moins de résistance éprouvée; il mesurera en quelque sorte la puissance momentanée de votre effort d'attention.

Le centre du champ de la conscience, le point — est-ce un point ? — qui correspond au maximum de clarté étant tantôt porté sur des modifications conscientes centrales, tantôt placé vis-à-vis de modifications conscientes périphériques, on conçoit que dans le premier cas la périphérie est rejetée dans l'ombre, dans le deuxième cas c'est sur elle au contraire que se porte la lumière. D'où antagonisme inévitable entre l'attention centrale et l'attention périphérique. Cet antagonisme s'observe couramment dans la vie : il y a deux types d'attentifs ; les concentrés, les observateurs.

Et de même que l'attention concentrée repliée sur l'intérieur se développe en raison inverse de celle que l'on porte sur les modifications périphériques, ainsi l'attention est d'autant plus vive que le centre du champ conscient se rapproche plus de la forme du point, d'autant moins vive que ce centre s'irradie davantage, forme un cercle de diamètre croissant. Ce sont presque des axiomes que des vérités comme celles-ci : on ne saurait fixer plus d'un objet à la fois, il est impossible de faire attention à deux choses en même temps. Certains philosophes, prenant à la lettre le sens des mots « fixer l'esprit sur un objet », affirment que le principe immatériel ne saurait se concentrer que sur un point. Il apparaîtra, par l'étude des travaux expérimentaux, que les faits ne confirment nullement cette vue théo-

rique étroite. Le centre du champ de la conscience est en réalité un cercle, mais ce cercle est d'autant plus éclairé que son diamètre est plus réduit, et perd très rapidement en clarté aussitôt et pour autant qu'il gagne en étendue.

La volonté est, dans les variations de profondeur et d'étendue de l'attention active, l'élément essentiel, l'agent actif des déplacements successifs. Toutefois cette volonté même est conditionnée par des facteurs qui, tout en n'étant ni indispensables ni impérieusement imposés, interviennent habituellement, de sorte que, dans un cas particulier et pour un sujet donné, il est plus ou moins possible de prévoir comment s'orientera l'attention spontanée volontaire.

Sans doute le sujet garde toujours la liberté d'orienter dans le sens choisi l'attention active ou voulue : mais en fait son choix est plus ou moins influencé par les conditions mêmes dans lesquelles il se trouve, conditions générales qui demeurent, conditions particulières qui passent.

Les facteurs permanents intervenant dans l'orientation de l'attention volontaire sont avant tout les tendances héréditaires, résultats de dispositions congénitales qui facilitent certaines formes d'attention plus que d'autres. Supposons un peintre dont la vie se passe à affiner et ses yeux et ses centres visuels ; fatalement chez lui l'attention, habituellement tournée vers des modifications conscientes déterminées, toujours les mêmes, deviendra à la longue si naturelle qu'elle s'établira au moment nécessaire sans effort aucun. Il deviendra naturel à ce sujet de vouloir orienter son attention active sur les modifications visuelles périphériques et centrales. Cette habitude même entraînera un affinement progressif des organes et des centres plus exercés, et cet affinement même aura pour résultat de faciliter encore l'acte d'attention habituelle-

ment voulu. Qu'un sujet ainsi entraîné épouse une femme habituée elle aussi à affiner ses centres visuels, une enlumineuse, une brodeuse par exemple, les enfants qui naîtront de ces deux visuels seront eux-mêmes fortement imprégnés de visuellisme. Parmi les modifications conscientes qui solliciteront leur attention, les visuelles seront fatalement prédominantes en intensité et en nombre. Naturellement, et en vertu de la loi du moindre effort - dont les applications se retrouvent partout en biologie — et par suite de la valeur plus grande au point de vue mental des images les plus abondantes et les plus nettes, la volonté se portera vers les produits supérieurs des organes plus entraînés. Spontanément le sujet né visuel tournera son attention active vers ces modifications conscientes qu'une disposition congénitale rend pour lui plus utiles.

Il suit de ces données que l'orientation habituelle de l'attention active varie d'un sujet à l'autre suivant les qualités spéciales de ses organes sensoriels et de ses centres nerveux. Cette orientation est d'autant plus marquée que les caractères congénitaux qui la déterminent sont eux-mêmes plus profondément imprimés dans le système nerveux du sujet considéré.

Analogue à l'action des tendances héréditaires est l'action des habitudes acquises, des activités péniblement apprises au début, artificielles dans le principe, mais qui à la longue deviennent naturelles presque autant que les dispositions héréditaires. Telles sont les activités caractéristiques des différentes professions. Le peintre dont il était question tantôt, l'enlumineuse, la brodeuse, sont des exemples, des types de ce que l'on peut appeler des déformés professionnels. Il en va dans les sociétés comme dans l'organisme humain : celui-ci est entièrement composé de cellules. Toute cellule est essentiellement un protoplasme, pourvu d'un noyau et entouré d'une membrane ; mais, par suite

de leur activité spéciale, à travers des milliers de générations évoluant des formes inférieures vers les supérieures, les cellules condamnées à des activités différentes se sont peu à peu accommodées à leurs fonctions spéciales. Celles qui devaient porter des poids, subir des frottements, ont épaissi leur membrane ; celles qui devaient se mouvoir sans cesse ont gardé au contraire la membrane mince, souple, élastique, les parties mobiles de leur protoplasme se sont développées ; chaque espèce de cellule de l'organisme des animaux supérieurs s'est écartée du type primitif de la cellule œuf, se transformant, se façonnant pour le rôle qu'elle a à remplir. Ces caractères transmis par l'hérédité vont en s'accumulant de génération en génération. Il en serait en quelque sorte de même dans la société humaine, si les professions étaient strictement héréditaires. En fait, il n'en est nullement ainsi. Les qualités acquises par un professionnel dans le cours de sa carrière ne profitent pas directement à ses descendants, mais elles lui profitent à lui-même, en rendant son activité dans certaine direction de plus en plus aisée. L'habitude qu'a le financier de concentrer son attention volontaire sur les chiffres, sur les calculs, produit les mêmes conséquences au point de vue mental que celle du peintre obligé de fixer son attention sur ces sensations et représentations visuelles. Dans les professions intellectuelles proprement dites, c'est l'attention volontaire centrale surtout qui joue le rôle prépondérant.

A côté de ces facteurs permanents agissant d'une façon durable, constante, sur l'orientation de l'attention active, il en est d'autres, passagers, pouvant s'ajouter aux premiers, ou momentanément les combattre, les contrarier. Tels sont par exemple l'émotion du moment, l'intérêt passager qu'offre une activité donnée, soit en agissant sur l'émotion, soit en assurant la réalisation d'un but défini.

L'intérêt, l'avantage immédiat ou lointain que procure une activité déterminée, est un puissant motif pour orienter la volonté dans le sens qui amène le mieux les résultats souhaités. Tantôt l'activité mentale, déplaisante, fastidieuse en elle-même, sera voulue pour les conséquences heureuses qu'elle doit immanquablement produire : l'élève studieux voudra s'appliquer à des exercices pénibles afin de s'assurer la joie et la satisfaction de l'emporter au concours sur ses condisciples moins laborieux ; le savant se condamnera à des efforts multiples et prolongés, il répétera sans se décourager, cent fois, mille fois une expérience difficile, poussé par l'espoir de faire une découverte sensationnelle. Tantôt, au contraire, c'est l'attrait d'un plaisir immédiat qui porte la volonté à multiplier ses efforts dans la direction utile. L'auditeur intéressé par un récit captivant commandera à ses muscles l'immobilité recueillie, écartera de son imagination toutes les images distrayantes, concentrant toute son attention sur les sons entendus et les images qu'ils font naître.

Le premier devoir de tout professeur est d'être intéressant, non seulement pour attirer naturellement à lui l'attention passive de ses auditeurs, mais encore pour les décider à tourner vers les stimulations intéressantes toute leur attention volontaire.

En dehors des tendances, de l'attrait direct ou indirect sollicitant la volonté, des motifs purement intellectuels peuvent décider le sujet à porter son attention sur des modifications conscientes qui ne sont, pour le moment du moins, ni naturelles, ni agréables, ni utiles. La volonté demeure toujours libre de s'orienter dans telle direction choisie, difficile à prévoir pour ceux qui propagent uniquement des tendances et qualités dominantes du sujet agissant. Cette orientation non coutumière se manifeste telle à un moment donné, sans raison apparente, parce qu'elle plaît au sujet.

L'attention passive. — L'attention passive n'est plus une tension, mais une attraction de l'esprit, laquelle aussi a pour conséquence de modifier le degré de clarté des modifications contenues à un moment donné dans le champ de la conscience. L'idée, l'image, l'émotion, la sensation, le mouvement à faire ou en train de s'effectuer qui attire à lui le maximum d'attention, qui se place ainsi au centre du champ de la conscience, acquiert par le fait un maximum de clarté, d'intensité apparente, tandis que les modifications conscientes coexistantes ou immédiatement antérieures sont repoussées vers les parties voisines du centre ou vers les bords, s'atténuant et s'effaçant à mesure.

En exposant le mécanisme des variations de clarté dans les déplacements voulus de l'attention active, nous avons été amenés à conclure que la modification placée au centre du champ de la conscience n'est peut-être pas en réalité intensifiée par la volonté, mais qu'elle subit un effet analogue à celui que donnerait un accroissement de stimulation. Nulle part mieux que dans l'attention passive n'apparaissent les conditions qui déterminent cet accroissement de clarté de la modification centrale, de l'effacement graduel des modifications de plus en plus périphériques du champ conscient. Diverses causes — pouvant agir concurremment — donnent à une modification consciente passivement apparue à la suite d'une stimulation périphérique ou centrale l'éclat particulier qui en fait le point de mire de l'attention.

Citons, parmi ces causes, l'intensité, l'étendue, la soudaineté, la durée, la tonalité, la rareté.

L'intensité. — Toutes choses égales d'ailleurs, parmi les stimulations incessantes et innombrables qui modifient à chaque instant le milieu ambiant — et dans ce milieu nous comprenons notre propre organisme — celles ou mieux celle qui est relativement la plus intense

s'implante dans le sensorium avec une clarté proportionnelle à sa force même. Les mille modifications visuelles, sonores, olfactives, tactiles, thermiques, musculaires et autres qui à un instant donné agitent le milieu où passe un système nerveux sensitif, s'implantent dans celui-ci en raison directe de l'intensité relative de chacune d'elles. Et si vraiment le degré de clarté des modifications conscientes correspondait à l'intensité réelle de cette modification, et partant à l'intensité réelle du stimulant qui l'a produite, les variations de l'attention passive dépendraient uniquement de cette intensité.

Il n'en va nullement ainsi. Car si, toutes choses égales d'ailleurs, les stimulations les plus vives déterminent les modifications conscientes les plus claires parce que les plus intenses, d'abord la clarté maxima du point de mire de l'attention s'accroît moins peut-être par l'augmentation de l'intensité du stimulant que par les variations dans cette intensité même. Le langage nuancé, découpé en sons faibles alternant avec des sons forts, attire bien plus l'attention qu'une série de sons très intenses mais uniformément émis. En outre, toute une série de causes autres que l'accroissement d'intensité du stimulus déterminent, ainsi qu'il a été dit, l'augmentation de clarté des modifications conscientes; ce sont celles dont nous allons exposer brièvement l'action.

L'étendue. — Cet élément d'attraction n'intervient que dans les stimulations visuelles et tactiles. Les objets étendus, soit qu'ils sollicitent le regard, soit qu'ils se placent en contiguïté avec la peau et les muqueuses voisines, attirent d'autant plus l'attention que leur surface agissante est plus considérable. Nous voyons mieux une tour qu'une cheminée, nous sentons mieux une caresse qu'un frôlement d'insecte. Nous supposons, bien entendu, que la pression de l'un et de l'autre con-

tact soit égale. Si la pression était plus accentuée, si surtout elle ébranlait en même temps un autre sens, celui de la température ou de la douleur, le contact peu étendu pourrait dans ces conditions éveiller l'attention davantage. Une piqûre de guêpe attirera l'attention plus qu'un effleurement.

La soudaineté. — Si l'attente d'une stimulation prévue, l'orientation volontaire de l'esprit vers une sensation future avive celle-ci, par contre, la stimulation inattendue produit une commotion soudaine, attire l'esprit vers la modification qui suit l'explosion plus ou moins intense produite dans le champ conscient.

La durée. — Sans qu'il soit possible d'entrevoir toujours la raison ultime de l'action produite, on constate que certaines sensations s'atténuent graduellement par la durée, que d'autres au contraire s'intensifient en se prolongeant. Une lumière aveuglante produit une sensation de plus en plus vive jusqu'à en devenir intolérable ; un son au contraire finit par n'être plus perçu.

La tonalité. — Il faut entendre par là le ton de sentiment, le caractère émotif, l'impression pénible ou attrayante que détermine la nature même du stimulant. Cette tonalité dépend et de l'espèce de sensation — parfums, mauvaises odeurs, couleurs claires, couleurs sombres, son grêle, son riche — et de son intensité — les sensations très fortes ou très faibles sont généralement désagréables — de la richesse, de l'amplitude, de l'élan de la stimulation.

La rareté. — Il convient de distinguer, parmi les modifications conscientes rares, les unes qui sont telles dans l'espace, des autres qui sont telles dans le temps. Les premières seront par exemple les sons d'un orchestre invisible écouté par un sujet immobile tenant les yeux clos, ou encore les sonorités fortuites éclatant dans le silence de la nuit. Les secondes seront les mots lentement détachés se suivant dans un rythme tel, que

la vibration de ceux qui précèdent soit complètement éteinte quand commencent à résonner les suivants.

Au cours de l'évolution d'un être conscient, chacune de ces causes joue un rôle plus ou moins fréquent, plus ou moins prépondérant d'après les conditions générales dans lesquelles se trouve le sujet observé. On peut ramener à trois les facteurs qui déterminent l'orientation générale de l'attention passive : le développement congénital et acquis des centres nerveux, le milieu externe, le milieu interne.

Hérédité et culture acquise. — Comme dans l'attention active, mais plus directement, le développement prépondérant de certains organes sensoriels et des centres correspondants oriente le champ de la conscience dans des directions déterminées. Un sujet congénitalement visuel, ou devenu tel par suite d'un long et constant entraînement, aura l'attention attirée davantage par tous les stimulants du nerf optique : clarté, couleurs, nuances. Naturellement, de par l'acuité plus grande de l'organe, les stimulations visuelles réuniront d'emblée quelques-unes des conditions qui attirent l'attention : intensité relative, étendue et durée (indirectement puisque les sensations visuelles seront les plus nombreuses dans l'ensemble des sensations totales), tonalité, intérêt. Sans que le sujet ait besoin de faire aucun effort, les sensations correspondant au développement plus considérable, congénital ou acquis, d'une sphère sensorielle s'installeront plus aisées, plus abondantes, plus intenses : d'où, tout naturellement, une orientation habituelle du champ de la conscience dans la direction d'une espèce particulière de sensations, d'images, d'idées, de mouvements assortis.

Milieu externe. — Il est presqu'oiseux de parler de l'influence du milieu sur l'orientation de l'attention passive. La richesse ou la pauvreté en stimulants du monde dans lequel nous évoluons, la nature de ses

modifications dominantes, l'attrait ou la répulsion qu'il exerce dans son ensemble, sont autant de conditions qui attirent l'esprit, ou, lui répugnant, le font se replier sur lui-même.

Milieu interne. — Nous entendons par là l'état actuel, passager, résultant de la conjonction des tendances héréditaires et acquises, des résultats de l'expérience, avec les circonstances organiques du moment présent. C'est cet état spécial, éminemment variable en apparence, plus mouvant d'aspect pourtant que de fond, qui caractérise les dispositions momentanées de l'individu. Selon les variations de ces dispositions, l'attention s'oriente plus aisément dans une direction que dans d'autres. Ainsi un sujet momentanément heureux se laissera attirer par des stimulations tout autres que celles qui le séduiraient s'il venait de recevoir une nouvelle attristante.

§ 2. — *La contraction et l'inhibition des muscles Les modifications dans la circulation et la respiration*

Tout sujet attentif prend aussitôt une attitude qui traduit pour l'observateur la profondeur et l'étendue de son attention, subie ou voulue.

Un orateur n'a aucune peine à s'assurer si ses auditeurs s'intéressent ou ne s'intéressent pas à son discours. Dans un auditoire attentif deux caractères dominent : l'attitude, le silence. Ce dernier n'est qu'une conséquence de l'attitude même. L'attitude des auditeurs se caractérise par une tension non seulement des muscles de l'oreille et de la tête, mais aussi des muscles de tout le corps penché vers l'orateur. Quant au silence, nous entendons par là non seulement l'absence de chuchotements par inhibition des muscles phonateurs, mais encore l'absence de mouvements en général,

l'immobilité par inhibition de la musculature générale. Dans un auditoire attentif on n'entend ni tousser, ni déplacer les membres, ni s'agiter sur son siège ; bref, tous les mouvements réflexes sont ou supprimés ou pour le moins énergiquement comprimés.

Ce phénomène d'inhibition, uniforme et constant, diffère dans les divers états d'attention par sa profondeur et son étendue. Une loi générale des réflexes, la plus importante peut-être, se formule ainsi : « Toute stimulation d'un centre nerveux supérieur supprime ou atténue l'amplitude des réflexes partant des centres nerveux situés plus bas que le centre stimulé ».

Lorsque dans l'attention passive les centres visuels, auditifs ou tactiles sont fortement impressionnés, lorsque dans l'attention active la volonté oriente notre activité cérébrale vers des points choisis de l'écorce, la stimulation des centres conscients entraîne l'inhibition de tout mouvement partant des centres sub-corticaux ou plus exactement de ceux-là qui, dans l'état actuel d'attention, seraient inutiles ou nuisibles.

Si dans les états d'attention active ou passive, un groupe étendu de muscles subissent une contrainte qui les immobilise, par contre, un groupe généralement réduit d'autres muscles sont stimulés, leur tonicité augmente, ils se contractent avec plus ou moins d'énergie.

Il convient ici de distinguer nettement l'attention active ou passive, sensitive d'une part, motrice d'autre part. L'attention sensitive, subie ou voulue, a, pour concomitant, une contraction plus ou moins intense d'abord de muscles accommodateurs de l'organe directement ou indirectement stimulé. L'attentif visuel accommode ses yeux de façon à recevoir avec le maximum d'intensité et de netteté l'impression vers laquelle ou sur laquelle se concentre son attention. Il contracte ses muscles droits pour amener sur l'objet visé ou

attrayant la convergence des deux axes optiques. Il modifie la tonicité des fibres rayonnantes ou circulaires entourant le trou de la pupille, afin de donner à celle-ci le degré d'ouverture le plus favorable, d'assurer l'intensité lumineuse la meilleure ; il contracte le muscle ciliaire, aplatissant ou relâchant le cristallin de façon à converger sur la rétine tous les rayons émanés de l'objet regardé.

Il en va de même pour l'auditeur attentif. Les muscles tenseurs mettent l'appareil auditif dans les conditions susceptibles d'assurer le maximum d'intensité et de netteté des sons fixés.

Et comme nous le disions tantôt, ce ne sont pas seulement les muscles accommodateurs proprement dits qui interviennent dans l'attention sensitive, mais encore tous ceux dont l'action, plus ou moins large et profonde, oriente l'organe stimulé, oriente tout l'organisme vers la sensation attendue ou fixée. Quand il s'agit d'attention purement ou partiellement motrice, le rôle de la musculature est bien autrement important.

Un sujet observant attentivement les gestes d'un autre sujet, les mouvements vocaux, les jeux de physionomie, les déplacements significatifs des membres, et d'ailleurs les mouvements de tous les corps mobiles, se trouve dans un état d'attention sensitive, mais qui n'est plus purement sensitive. En effet chacun de ces mouvements qu'il observe, il les répète plus ou moins intensivement dans ses propres muscles. Et plus son attention est fixée sur les gestes de ses interlocuteurs, sur les déplacements des objets, plus profondes sont les contractions qui expriment par imitation inconsciente ces mêmes mouvements. C'est là une sorte d'attention intermédiaire, qui n'est ni purement sensitive puisqu'elle s'accompagne toujours de mouvements, ni pourtant motrice proprement dite. Celle-ci en effet apparaît chez le sujet qui prépare ou exécute des

mouvements voulus, conscients, vus avant d'être réalisés.

Tout mouvement conscient n'est que l'écoulement dans la musculature de la représentation de l'effet attendu. Et si toute représentation, toute image cérébrale est à la fois sensitive et motrice, exprime un résultat et commence le mouvement nécessaire pour atteindre ce résultat, plus l'attention rend claire cette représentation, plus elle lui donne l'équivalent d'une intensité croissante : plus rapidement, plus amplement, plus nettement se réalise le mouvement dont cette image est l'origine, l'ébranlement initial. Fixer attentivement un mouvement, un geste, une parole à prononcer, un jeu de physionomie à esquisser, c'est assurer à ce mouvement, à ce geste, à ce parole, à ce jeu de physionomie, une netteté, une intensité, une précision supérieures.

Il est bien malaisé de définir de façon complète et précise l'action du travail attentif, ou simplement de l'attention prolongée sur l'ensemble de la circulation. Les auteurs sont loin de s'accorder même sur les points essentiels.

Le sang, durant la fixation de l'attention, subit des modifications physiques et chimiques. Nous ne nous arrêterons qu'à trois modifications parce qu'aussi bien ce sont les plus sensibles, les plus aisément perçues par tout observateur. La circulation sanguine, durant l'effort d'attention, est modifiée dans sa vitesse, dans sa pression, dans sa distribution générale.

Lorsqu'il s'agit de préciser l'action de l'effort d'attention sur la vitesse du courant sanguin, mesurée par les battements du cœur ou du pouls, il faut distinguer l'effort transitoire et court de l'effort régulier et prolongé. Il semble que l'effort court et intense accélère le cœur, — ceci est néanmoins contredit par certains

auteurs, du moins pour certaines formes d'attention — que le travail prolongé au contraire ralentisse la circulation générale. Il est bon d'observer que l'immobilité naturelle aux travailleurs de l'esprit doit entrer pour une part plus ou moins large dans ce ralentissement de la circulation. Nous croyons que, dans toutes les expériences entreprises pour assurer l'action de l'effort d'attention sur la vitesse du cours du sang, on a vraiment trop négligé la nature du travail attentif et notamment son attrait. Le sujet qui s'adonne à un travail difficile mais intéressant se trouve dans un état émotif tout différent de celui du travailleur morose attelé par devoir à une besogne rebutante. Il est impossible que la circulation soit la même chez le premier que chez le second.

Quant aux variations de pression que produit la concentration de l'attention, les auteurs sont ici encore loin de s'accorder. On admet généralement que les artérioles de toute la périphérie de l'organisme se resserrent durant l'effort d'attention. Cette vaso-constriction amène naturellement une augmentation de pression dans les artères dont ces artérioles sont les branches terminales. On a constaté et mesuré cet accroissement de pression surtout dans l'artère radiale. Si les artérioles périphériques se contractent pendant le travail attentif, par contre les vaisseaux du cerveau se dilatent, non semble-t-il à cause de la vaso-constriction périphérique, mais parallèlement à cette modification.

Enfin, durant l'effort d'attention, et ceci est la conséquence de ce que nous disions tantôt, la circulation sanguine générale est modifiée en ce sens que la masse du liquide nourricier ne se trouve plus répartie dans l'ensemble du récipient circulatoire comme elle l'est à l'état de repos. Manifestement le cerveau qui travaille aspire le sang ; il se gonfle tandis que la périphérie dans son ensemble se dégorge à son profit.

Parmi les groupes de muscles que la fixation de l'attention réduit à l'immobilité ou dont elle atténue l'action naturelle il faut faire une place à part aux muscles servant à la respiration. Ceux-ci, dans tous les états d'attention, sont inhibés plus ou moins d'après l'étendue et surtout la profondeur de cette attention même.

L'étude des modifications du rythme, de la fréquence, de l'amplitude de la respiration ou mieux des inspirations, a révélé, outre l'effet facile à prévoir des émotions accompagnant le travail attentif, la profonde influence de l'effort d'attention sur la fonction respiratoire.

A mesure que l'effort devient plus intense, cette action inhibitrice s'accentue. Dans les états d'attention peu profonde, on constate une diminution de durée des mouvements d'expiration, tandis qu'au contraire les inspirations s'allongent. L'attention devient-elle plus intense, ces phénomènes vont en s'accentuant à mesure ; la respiration dans son ensemble devient plus superficielle. Si, concentrant de plus en plus l'attention, on se livre à des exercices exigeant un maximum d'attention profonde et continue, la pause qui sépare les inspirations des expirations tend à s'effacer ; le sujet finit par respirer comme un homme essoufflé.

Ces modifications organiques plutôt inconscientes qui accompagnent tout acte d'attention, sont, au point de vue hygiénique notamment, d'une importance que nul ne songera à contester. Lorsqu'on entreprend de développer l'attention chez des adultes et surtout chez des enfants, il importe de tenir largement compte de ces modifications organiques qui accompagnent tout effort d'attention, le contrarient ou le soutiennent.

II

LES DONNÉES EXPÉRIMENTALES

Pas plus que dans l'exposé précédent, nous ne songeons, en fait de données expérimentales, à faire une étude complète, approfondie ; mais uniquement à établir les bases sur lesquelles il est, dès à présent, possible d'étayer une éducation de l'attention. Nous exposerons les conditions expérimentalement déterminées qui affaiblissent l'attention, et celles qui au contraire l'accroissent.

En guise d'introduction à ces données directement utilisables, exposons comment la pratique semble démontrer une vérité que les anciens psychologues considéraient comme un axiome, à savoir qu'il est de toute impossibilité de concentrer l'activité de l'esprit sur plus d'un objet à la fois. L'idée de ces théoriciens est à peu près celle-ci : le centre du champ conscient est un *point*. En d'autres termes, le maximum d'attention qu'un sujet donné puisse porter sur une modification consciente donnée, avive cette seule modification au détriment de toutes les autres ; et pour reprendre la comparaison avec le champ visuel, le sujet ne peut regarder qu'un seul objet à la fois, et doit voir moins nettement les autres objets situés dans ce champ plus ou moins excentriquement.

Du moment donc que le centre du champ conscient s'étend le moins du monde, la conscience ne *regarde* plus, elle ne saisit plus les formes précises des modifications, elle le *voit*.

Les recherches entreprises par plusieurs expérimentateurs (1) prouvent que si l'idée des anciens philo-

(1) Goldscheider, Müller, Catell, Erdmann, Dodge.

sophes n'est pas sur ce point tout à fait fausse, elle est du moins présentée d'une façon imprécise et inexacte.

Les expériences des psychologues contemporains se ramènent à provoquer des efforts d'attention extrêmement courts, de façon à rendre impossible le moindre déplacement du champ de la conscience durant la durée de l'expérience. On agit comme les physiologistes explorant la sensibilité de l'œil maintenu immobile. Supposons qu'au fond d'une caisse obscure soit tendu un écran blanc sur lequel s'enlèvent des formes noires. Face à l'écran, une ouverture convenablement ménagée permet au sujet de regarder, avec un œil seulement, l'écran. Si, dans ces conditions, on fait brusquement passer une étincelle électrique devant l'écran, celui-ci s'éclaire pendant un temps très court, si court que l'œil n'a pas le temps de s'accommoder à la distance voulue, ni de s'orienter de façon à placer la tache jaune en face d'un point choisi, moins encore de faire suivre à la tache jaune les contours d'un dessin, de passer d'un objet à un autre. Dans de pareilles conditions, l'œil aura vu les dessins noirs, et si par hasard il se trouvait accommodé pour la distance choisie, ou mieux si cette distance était celle à laquelle cet œil voit normalement, il aura regardé ce dessin-là ou cette partie-là de dessin qui se trouvait faire face à la tache jaune. La partie de l'écran vue avec précision correspond à l'étendue précise de la partie ultra-sensible de la rétine. Or cette partie n'est pas un point mathématique, mais un cercle, de diamètre très réduit sans doute, mais enfin un cercle quand même.

En va-t-il de même pour le point le plus sensible de la conscience ? Est-ce un point mathématique, est-ce un cercle très réduit ?

Imaginons une expérience comparable à la précédente. Faisons fixer par la conscience un objet ou un groupe plus ou moins étendu d'objets en empêchant ce

champ de se déplacer le moins du monde : en choisissant des efforts d'attention d'une durée tellement réduite que l'attention n'ait pas le temps de passer d'un objet à un autre. Si dans ces conditions le sujet n'a perçu exactement qu'un seul objet, c'est que le centre du champ conscient se rapproche du point mathématique ; si, au contraire, il a perçu exactement deux, trois ou plusieurs objets de façon strictement simultanée, c'est que le centre du champ de la conscience est bien un cercle.

Prévenons tout d'abord une objection qu'un esprit peu réfléchi pourrait faire au raisonnement précédent.

Un contradicteur s'avisera d'objecter ceci : Nul ne contestera que l'on peut faire attention à plusieurs objets à la fois, mais c'est toujours au détriment de la clarté avec laquelle on perçoit ces objets mêmes ; le centre du champ conscient varie en étendue ou en profondeur, celle-ci est développée au détriment de celle-là et inversement : l'étendue nuit à la profondeur. Partant, si un expérimentateur trouve qu'un sujet peut fixer son attention sur plusieurs objets à la fois, il n'aura rien appris que l'on ne sache déjà. Il devrait démontrer que l'attention peut se fixer sur plusieurs objets à la fois en avivant ceux-ci autant qu'elle le ferait pour un seul.

Cette objection n'affaiblit en rien le raisonnement que nous prêtions tantôt aux expérimentateurs. En effet, il est certain que la profondeur de l'attention est en raison inverse de son étendue, mais il s'agit de savoir si une attention d'une profondeur donnée, et qui n'a pas le temps de s'étendre, peut faire percevoir plusieurs objets à la fois. Les expérimentateurs, en limitant la durée de l'effort d'attention à un minimum strictement défini et mesuré, agissent comme les physiologistes éclairant l'écran par le passage d'une étincelle électrique ; l'œil demeure immobile, le champ conscient

de même, parce que ni l'un ni l'autre n'a le temps de déplacer son point central. Dès lors, si l'objet regardé ou perçu est simple ou multiple, on en pourra déduire que le centre du champ conscient, comme celui de la rétine, n'est pas un point mais une surface d'une étendue plus ou moins développée. En d'autres termes, il s'agit de déterminer si, dans le minimum de temps nécessaire pour réaliser un état d'attention, le sujet perçoit plusieurs objets à la fois ou seulement un objet unique.

Voici les données expérimentales :

Goldscheider et Müller, opérant dans des conditions de rapidité telles que le sujet attentif n'eût réellement pas le temps de porter son attention sur plus d'un objet, de passer donc d'un premier objet à un second et ainsi de suite, constatèrent qu'il est tout aussi facile d'apercevoir un groupe de points arrangés dans un ordre déterminé qu'un seul point à la fois. Si l'on fait passer rapidement devant un sujet une série d'écrans les uns blancs, les autres portant au centre un seul point noir, ou une série d'écrans les uns blancs, les autres portant cinq points noirs groupés en losange par exemple, non seulement le sujet distingue avec la même sûreté les écrans à losanges des écrans blancs que les écrans à point noir des écrans blancs ; mais encore il distingue les cinq points de ces losanges et les différencie avec la même certitude d'autres figures formées au moyen de quatre points ou trois points.

Il ne se trompe pas plus sur le nombre de points assemblés formant une figure, que sur la présence ou l'absence de cette figure même.

Des expériences analogues ont établi que les lettres sont perçues avec autant d'exactitude que les signes les plus simples ; et qu'enfin un mot — pourvu qu'il ne soit pas trop long — est perçu aussi aisément que chacune des lettres qui le composent.

Le nombre des impressions auditives simultanées que l'on parvient à percevoir dans un seul acte d'attention est, d'après les expérimentateurs, beaucoup plus considérable encore. On produit une série de coups égaux se succédant dans un temps suffisamment court pour qu'il soit tout à fait impossible de les compter — sans donc que l'attention ait le temps de passer de l'une à l'autre. — Dans ces conditions, le sujet perçoit exactement jusqu'à huit tic-tac successifs. C'est-à-dire que non seulement il distingue sûrement une suite rapide de trois sons d'une autre suite pareille de six par exemple, mais encore qu'il ne se trompe pas lorsqu'on lui demande d'analyser la série de huit sons se succédant si rapidement qu'ils semblent se confondre.

Et si, au lieu de présenter au sujet des sons réguliers et monotones, on varie l'intensité et la durée de ces sons de façon à produire des rythmes ; les séries ainsi dessinées sont encore nettement perçues lorsqu'elles sont formées de huit, voire de quarante sons successifs.

En admettant que ces données soient rigoureusement établies, en pourrait-on déduire que réellement l'attention à son maximum de concentration peut porter simultanément sur plusieurs objets de même espèce ?

Il serait sans doute téméraire de l'affirmer. Il convient avant tout de déterminer ce que l'on entend par objet unique.

Quand il s'agit de mots par exemple, l'attention peut se porter sur le sens, — ce sera le cas chez le philologue lisant un terme nouveau ; — il peut se porter sur le mot pris dans son ensemble — chez le professeur vérifiant l'orthographe d'un vocable, — enfin il peut se porter sur chacune des lettres qui composent le mot — chez un typographe assemblant les caractères. Mais le professeur ne remarquera pas ce qu'observera le philologue, ce que regardera le typographe. Lorsque nous corrigeons les épreuves de nos publications,

ou bien nous remarquons le sens de nos phrases et alors une foule de fautes d'impression nous échappent; ou bien nous portons toute notre attention sur la correction typographique, dans ce cas nous ne savons pas ce que nous venons de relire.

L'objet propre, adéquat de l'attention n'est donc pas du tout identique toutes les fois que le même objet matériel sollicite notre activité mentale.

Il semble que les expériences dont nous venons de parler prouvent que l'attention peut se porter sur un objet unique mais non simple — qui fixé dans la mémoire, peut, après coup, être décomposé par un travail attentif d'analyse rétrospective.

Le dessin visuel complexe (point ou mot), le dessin auditif (suite rythmique) est composé d'éléments que l'attention y retrouve en passant dans une contemplation subséquente, de l'un à l'autre, de l'autre à l'un.

De nombreuses recherches, celles de M. W. Wundt entre autres, et celles plus récentes de M. Flournoy ont établi qu'il existe au point de vue de l'attention des types plus ou moins définis. L'un porte surtout son attention sur les stimulations préalables aux représentations et aux mouvements qui s'en suivent : c'est le type sensoriel ; l'autre au contraire s'attache de toute son énergie aux mouvements à exécuter, c'est le type moteur. A côté de ces deux types d'attentifs périphériques, se place l'attentif central s'attachant de préférence aux représentations et des sensations et des mouvements. Enfin, on appelle types indifférents ceux chez lesquels prédomine tantôt telle attention tantôt telle autre. Nous reviendrons sur ces données en parlant de la mesure de l'attention.

Examinons rapidement quelles sont, d'après les travaux expérimentaux, les principales causes qui altèrent, diminuent l'attention chez chacun, quelles sont au contraire les conditions qui augmentent chez

tout sujet le rendement de l'effort de concentration intellectuelle. Aussi bien ce sont ces données-là qui importent surtout quand on veut esquisser un plan d'éducation de l'attention.

Les causes diminuant l'attention peuvent se ramener à trois sortes : causes ou conditions gênant la mise au point de l'attention, conditions amenant une extension défavorable du centre du champ conscient, conditions affaiblissant l'attention dans son ensemble. Les expériences entreprises par M. Wundt sur les temps de réaction montrent que deux conditions surtout gênent la mise au point de l'attention, et n'assurent pas une profondeur suffisante d'attention sur l'objet visé. Ces conditions sont : l'indétermination dans le temps, l'indétermination de l'intensité de la modification consciente attendue.

Une courte explication préalable s'impose. M. Wundt a déduit ses conclusions d'un nombre très considérable d'expériences sur la durée des temps de réaction.

On entend par temps de réaction la durée qui s'écoule depuis le moment où un sujet est stimulé par une modification sensible quelconque (son, lumière, odeur, mot, phrase, question) et l'instant précis où il marque par un signe convenu qu'il a perçu la modification consciente annoncée. Ce temps se décompose en plusieurs phases : durée nécessaire au stimulant — sonore par ex. — pour franchir la couche d'air (d'épaisseur connue) qui la sépare de l'oreille du sujet — temps que met le mouvement sonore à traverser l'oreille, le nerf acoustique et arriver au centre conscient — durée de l'entrée dans le champ de la conscience — durée de l'aperception — temps nécessaire pour convertir la notion de son en une notion de mouvement — durée du passage du mouvement à travers les voies motrices — durée de la contraction musculaire prévue.

Le temps total que prennent ces opérations est

mesuré rigoureusement par des appareils précis et constamment contrôlés, en millièmes de seconde.

Or si, dans de pareilles expériences mesurant l'ensemble du temps de réaction chez un sujet donné, aux contacts, aux mots, etc., on modifie les observations de telle sorte que les conditions concernant le milieu, les nerfs, le mouvement, etc., demeurent toutes identiques, et que, par contre, les conditions d'aperception seules soient modifiées, on découvrira expérimentalement quelles sont, parmi ces conditions celles qui facilitent, celles au contraire qui contrarient l'aperception et partant l'attention.

Si les conditions données favorisent l'attention, on constatera — toutes choses égales d'ailleurs — que le temps de réaction diminuera. Si au contraire ces conditions gênent l'attention, toutes les autres circonstances étant identiques, le temps de réaction augmentera de durée.

M. Wundt a procédé comme suit, d'abord pour mesurer l'influence de l'indétermination quant au temps.

Dans une série de stimulations sonores, les sons se suivent à intervalles réguliers, le sujet sait avec quelle vitesse les sons 3, 4, 5 etc. lui arriveront.

I. — Alternance régulière

	Moyenne	Variation moyenne	Nombre d'expériences
Son fort	0,116″	0,010″	18
Son faible	0,127″	0,012″	9

Dans la seconde série, les sons se suivent à intervalles irréguliers sans donc que le sujet puisse connaître leur vitesse de succession.

II. — Alternance irrégulière

	Moyenne	Variation moyenne	Nombre d'expériences
Son fort	0,189″	0,038″	9
Son faible	0,298″	0,076″	15

La différence entre la durée totale du temps de réaction dans les premières séries et dans les secondes est tellement considérable qu'il apparaît, par ces expériences, clair comme le jour que la profondeur de l'attention portée sur une stimulation sonore dont on ignore le moment précis d'apparition est presque la moitié de ce qu'elle est dans les mêmes circonstances quand il s'agit de fixer une stimulation attendue à un moment connu.

Le même psychologue a encore démontré que la profondeur de l'attention diminue considérablement lorsque dans une série de stimulations d'intensité donnée on intercale subitement et sans avertissement un stimulant plus faible ou plus fort. Il semble que le champ conscient réglé au préalable pour une série de stimulants déterminés dans le temps et dans l'espace, agisse comme l'appareil photographique mis au point, et perçoive mal tous les objets introduits après coup dans la profondeur ou dans l'étendue du champ embrassé et dont le centre seul est visé.

Partant, si l'effort d'attention ne coïncide pas avec l'apparition de la stimulation tandis que l'effort d'attention est adapté à une stimulation donnée, cette stimulation attendue devient brusquement moins forte ou plus forte, c'est-à-dire non correspondante à l'effort d'attention ; les résultats de cet effort en sont diminués.

La deuxième espèce de cause qui diminue l'attention, c'est l'extension importune du champ de la conscience par distraction subie ou volontaire. Le cas le plus

simple est celui où le sujet, tout en portant son attention voulue sur des stimulations d'une nature donnée, qu'il doit et veut apercevoir, perçoit en même temps des stimulations différentes, agissant de façon simultanée et continue ; quand bien même il ne doit ni ne veut y prêter attention. Ainsi un sujet qui lit attentivement un texte imprimé, voit son attention diminuée malgré ses efforts, par une conversation, un air de musique, voire le simple tic-tac d'une pendule.

M. Wundt a mesuré l'influence si puissante produite dans de telles circonstances par la stimulation additionnelle. Il faut tenir compte de plusieurs données : ou bien le stimulant distrayant est de même nature que le stimulant utile, ou bien il est de nature différente. A priori il semble que, lorsque les stimulations utile et distrayante sont de même nature, l'effort d'attention doit être moins contrarié que lorsque les stimulations sont disparates. Les expériences entreprises sur cette question semblent bien confirmer cette conclusion.

Les expériences montrent encore l'influence considérable de l'intensité du stimulant utile par rapport à l'intensité du stimulant distrayant.

Voici quelques chiffres :

		Moyenne	*Nombre d'expériences*
A	sans bruit simultané	0,189″	21
Son modéré	avec bruit simultané	0,313″	16
B	sans bruit simultané	0,158″	20
Son intense	avec bruit simultané	0,203″	19

Quand le son stimulant vers lequel l'attention est orientée est relativement faible, d'intensité moyenne, le temps de réaction étant d'environ un cinquième de seconde, ce temps passe à environ un tiers de seconde si on distrait le sujet par des bruits simultanés. Quand, au lieu de stimuler le sujet par un son faible, on produit un son intense, le temps de réaction, naturelle-

ment, diminue, il devient environ un sixième de seconde, et si alors on provoque les réactions en distrayant le sujet par des bruits simultanés, le temps de réaction se rapproche de un cinquième de seconde. Ces valeurs ne sont déterminées, bien entendu, que pour ce sujet-là dont l'expérimentateur cite les chiffres dans ces expériences. Ces durées varieraient considérablement chez un autre ou plusieurs autres sujets. Telles qu'elles sont, elles révèlent l'action perturbatrice des distractions de même nature que celle du stimulant utile, elles indiquent que cette action perturbatrice est d'autant plus profonde que la stimulation utile est elle-même plus faible.

Voici quelques chiffres résumant les conclusions des expériences faites sur les causes perturbatrices de l'attention :

	Retard de l'aperception
1° Énergie inattendue de l'impression (son)	
a) son intense inattendu	0,073
b) son faible inattendu	0,171
2° Perturbation occasionnée par des stimulations homogènes (son troublé par un son)	0,045
3° Perturbation produite par des stimulations hétérogènes (stimulations lumineuses troublées par des sons)	0,078

Une foule de conditions accessoires interviennent pour troubler l'action du stimulant principal utile. Il serait trop long et d'ailleurs inutile d'insister ici.

La troisième cause diminuant l'attention — cause qui a été étudiée expérimentalement surtout dans ces derniers temps — est l'affaiblissement de l'effort résultant de la fatigue mentale, ou plus exactement l'épuisement de l'attention proportionnel à la profondeur et à la durée de l'effort précédemment imposé. Il faut

tout d'abord distinguer deux espèces d'affaiblissements de l'attention, deux sortes de fatigues mentales (ce nom convient à toutes les diminutions d'attention, qu'elles soient provoquées par des efforts physiques, des dépressions organiques, ou des efforts intellectuels). Il y a la fatigue mentale passagère normale qui suit tout effort d'attention profonde ou prolongée, elle peut être à peine sensible — voire insensible — ou au contraire nettement sentie, profondément déprimante ; mais un repos de courte durée l'efface. C'est la fatigue mentale proprement dite, qu'aucun travailleur ne peut ni ne doit éviter. A côté de cette fatigue mentale qu'un repos plus ou moins prolongé parvient à effacer, il en est une autre, durable, persistante pendant des jours, des mois, des années ; c'est la fatigue mentale, chronique ou surmenage. Elle peut résulter de suractivité physique comme de suractivité mentale, elle se caractérise au point de vue qui nous occupe par une diminution prolongée, constante de l'attention active.

Mais l'une et l'autre, fatigue mentale et surmenage, se manifestent non seulement par une difficulté plus grande de fixer l'attention, mais en même temps par des altérations organiques, légères ou profondes, simples troubles fonctionnels ou lésions des organes, que le physiologiste et le médecin peuvent déceler et mesurer.

C'est en étudiant directement et indirectement la fatigue intellectuelle et le surmenage que l'on peut déterminer les conditions générales qui diminuent et affaiblissent l'attention dans son ensemble ; directement en mesurant le rendement du travail attentif avant et après une activité déprimante donnée, indirectement en mesurant la profondeur du contre-coup organique (sur les muscles, sur la circulation sanguine, sur la respiration) d'un effort d'attention plus ou moins prolongé ou profond.

Les procédés de mesure indirecte de la fatigue sont essentiellement des procédés de laboratoire que seuls des savants entraînés sont à même de conduire comme il convient. Parmi les procédés de mesure directe, s'il en est que leur extrême délicatesse rend inabordables au vulgaire, il s'en trouve d'autres, au contraire, que tout homme intelligent peut, après des indications préalables et des exercices patients d'entraînement systématique, employer avec une exactitude approximative.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur la valeur des diverses méthodes de mensuration de la fatigue mentale, les conclusions des différentes recherches expérimentales sont loin de concorder dans les détails et il serait tout à fait prématuré de baser actuellement sur ces données des applications générales et définitives. Toutefois, des indications recueillies — et elles sont fort nombreuses déjà — il ressort certaines conclusions que les expériences ultérieures ne pourront que confirmer et préciser.

En voici quelques-unes :

L'attention diminue en proportion de la longueur du travail imposé. Les premières expériences de M. Sikorsky, entreprises en 1879 sur la fatigue des écoliers — et que tant d'autres expériences postérieures ont confirmées — tendent à prouver que l'attention des élèves diminue depuis le commencement de la matinée jusqu'à la fin des classes de l'avant-midi, depuis la première heure de leçon de l'après-midi jusqu'à la fin de la journée. Le savant russe faisait faire des dictées d'un quart d'heure, le matin et l'après-midi avant les classes, le matin et l'après-midi à la fin de la dernière leçon. Ces dictées au nombre de quinze cents étaient soigneusement étudiées. On n'y relevait que les fautes d'inattention. On mesurait la diminution de l'attention le matin

et l'après-midi par l'accroissement du nombre de ces fautes d'inattention.

D'autres travaux plus ou moins analogues à celui de M. Sikorsky ont montré de façon évidente que le nombre des fautes d'inattention va en croissant d'heure en heure à mesure que se poursuit le travail attentif. Ce nombre passe du simple au double, au triple, voire au quadruple après deux, trois heures de travail consécutif ; il est relativement moindre lorsque ces heures de travail successives sont entrecoupées par de courtes pauses de repos.

Une deuxième conclusion, sur laquelle les divers expérimentateurs s'accordent en gros tout au moins, c'est que l'attention diminue non seulement en raison de la longueur du travail imposé mais encore en proportion de la profondeur de l'attention exigée par un travail donné.

Cette conclusion se déduit d'une façon générale et imprécise des chiffres globaux exprimant l'ensemble des fautes d'inattention commises par un groupe de sujets tantôt après un travail pénible, tantôt après un travail léger. C'est ainsi que, d'après la majorité des expérimentateurs, l'attention est diminuée davantage après une leçon de mathématiques, un exercice de syntaxe, qu'après une leçon d'histoire ou de calligraphie. Pareille conclusion se déduit de façon plus précise des résultats exprimant les conclusions des mensurations individuelles des élèves considérés à part. Aussi les très bons élèves, ceux qui réellement font attention, commettent-ils, au début de la matinée, un nombre très réduit, voire pas du tout de fautes d'inattention : or ce sont précisément ceux-là qui — relativement — en commettent le plus à la fin de la matinée. Les médiocres, les mauvais élèves qui ne font aucun effort durant la série des leçons qui se succèdent, commettent à peu près autant de fautes à la fin qu'au début. L'at-

tention chez eux n'est pas diminuée par la raison qu'ils ne l'ont pas exercée.

Enfin cette conclusion — l'attention diminue en raison de la difficulté du travail imposé — se trouve confirmée encore par les résultats obtenus chez les jeunes élèves. Toute attention chez eux est pénible, suppose un effort relativement intense. Aussi le nombre des fautes d'inattention commises par eux est-il plus considérable et parce que leur attention est réellement plus faible, et parce qu'elle diminue plus rapidement sous l'action de l'effort.

Une autre conclusion sur laquelle les expérimentateurs s'accordent est celle-ci : le travail physique ne repose pas du travail mental ; l'un et l'autre produisent sur le cerveau une action déprimante se traduisant par une diminution correspondante du pouvoir d'attention. Les exercices physiques, surtout les exercices physiques violents, et aussi semble-t-il les exercices plus ou moins artificiels — telle la gymnastique — diminuent l'attention dans des proportions considérables.

Les effets déprimants du travail physique ou mental prolongés et intenses, étudiés par les méthodes directes, se révèlent sous forme d'une diminution directe du pouvoir de concentrer son attention, diminution qui se constate et se mesure plus ou moins exactement par le ralentissement de l'activité imposée, et l'incorrection, l'imprécision de celle-ci.

On a à ce propos classé les méthodes de mensuration de la fatigue mentale ou, ce qui revient au même, de diminution de l'attention en méthodes directes et indirectes comme il a été dit plus haut. Or les auteurs sont tous d'accord pour classer parmi les méthodes indirectes celles qui mesurent la fatigue par l'imperfection du travail attentif. Ils sont encore d'accord pour ranger parmi les méthodes indirectes celles qui mesurent les contre-coups produits par la fatigue dans

la musculature, dans les appareils vasculaires et respiratoires. Ils ne sont plus d'accord quand il s'agit de classer la méthode esthésiométrique, par exemple. C'est bien à tort que l'on range parmi ces méthodes indirectes, au même rang que l'altération des fonctions circulatoire et respiratoire, l'obtusité sensorielle. Il conviendrait dans tous les cas de ranger celle-ci à part. Car si on peut à la rigueur admettre qu'un œil, une oreille longuement stimulée perd une partie de son acuité naturelle, on ne saurait mettre en doute que l'obtusité des organes — telle qu'elle se manifeste dans les explorations que l'on fait de ces organes — est le produit de deux facteurs : l'affaiblissement momentané de l'élément nerveux, la diminution de l'attention (1).

Toute détermination quelconque de l'acuité sensorielle mesure simultanément deux éléments et la finesse du nerf et des centres correspondants, et l'attention du sujet qui s'efforce de percevoir des stimulations ou plutôt des différences de stimulations aussi petites que possible.

Si un sujet dont on mesure l'acuité visuelle le matin à la première heure, reconnaît les caractères de sept millimètres de haut à une distance de cinq mètres, c'est parce que la sensibilité naturelle de sa rétine, portée au maximum par la concentration de son attention périphérique, rend la sensation tout juste possible en ce moment à ce maximum de distance. Si à midi, il ne reconnaît plus des caractères pareils qu'à 4,50, c'est à la fois et parce que son œil est fatigué et parce que son attention a diminué, ou seulement parce que son œil étant resté dans le même état, l'attention seule a diminué après une longue série de leçons par exemple. Quoi qu'il en soit, l'obtusité sensorielle ou plutôt l'obtusité sensorielle relative chez un sujet donné, se produit

(1) En fait, dans la fatigue mentale, les effets sont analogues : épuisement nerveux, faiblesse d'attention vont de pair.

toutes les fois que se manifeste la fatigue mentale. On a songé à mesurer celle-ci par celle-là. L'obtusité produite à la suite d'efforts intenses ou prolongés d'attention, porte sans doute sur l'ensemble des organes sensoriels, sens visuel auditif, tactile, etc. Mais il va de soi que ces différents organes ne seront pas également altérés par tous les exercices d'attention. Après deux heures de leçons orales, c'est l'oreille plus que les autres sens dont l'obtusité sera accrue. Après deux heures d'exercices visuels — écriture, lecture, dessin — c'est l'œil au contraire dont l'acuité sera diminuée. Une leçon orale n'altère en rien, semble-t-il, la sensibilité du toucher; un exercice écrit, un dessin, au contraire, doit contribuer à épuiser directement le sens et le centre tactiles. On se demande dès lors pourquoi dans toutes les mensurations entreprises jusqu'ici, on a donné la préférence au sens du toucher. Serait-ce que les procédés de mensuration révélant l'acuité tactile sont plus aisés, plus pratiques que ceux qui servent à explorer les sens visuel ou auditif? D'aucuns le prétendent. Ce sont précisément ceux qui semblent le moins se douter de l'extrême complication de la méthode esthésiométrique. On voit des pédologues préconiser l'emploi d'un simple compas à glissière, ressemblant assez bien à l'appareil dont se servent les bottiers pour mesurer la longueur du pied, et se servir de cet instrument élémentaire pour mesurer la sensibilité du toucher sur la peau recouvrant le dos de la main, la joue ou le front.

Or voici qui donnera quelque idée de l'extrême difficulté de la méthode esthésiométrique.

Principe fondamental : Deux pointes placées simultanément sur une partie déterminée de la peau ou des muqueuses voisines paraissent d'autant plus écartées l'une de l'autre que cette partie du tégument est plus sensible au toucher. De là comme conséquence directe : lorsque dans une partie déterminée de la peau ou des

muqueuses, la sensibilité tactile diminue, devient plus obtuse, il faut pour que deux contacts soient sentis distinctement déposer les deux pointes avec un écartement de plus en plus considérable. L'écartement des pointes, en cet endroit du tégument, mesure l'acuité ou l'obtusité relatives du sens tactile. C'est-à-dire qu'un sujet donné qui le matin avant tout travail perçoit deux contacts lorsque sur la peau du front les deux pointes du compas sont distantes de cinq millimètres, ne percevra plus de double contact après une heure de travail que si les pointes sont distantes de six millimètres, par exemple. Après deux heures de travail il faudra un écartement de sept, neuf millimètres ou davantage.

Or pour que ces mensurations fussent réellement probantes, il faudrait opérer avec une précision absolue et observer entre autres les conditions suivantes :

Il faut que les deux pointes de l'esthésiomètre aient identiquement la même presssion — car si l'une des deux presse plus que l'autre, le sujet sent deux pointes à un écartement moindre ; or il est de toute impossibilité d'obtenir et surtout de constater cette égalité de pression avec un esthésiomètre élémentaire. Il faut un appareil dans lequel la pression de chacune des pointes soit enregistrée et mesurée exactement.

Il faut que les deux pointes soient déposées sur le tégument sans vitesse appréciable et de façon rigoureusement simultanée. Car si l'on n'observe ces règles, on produit des conditions qui modifient l'écartement nécessaire pour donner l'impression de double contact.

Il faut enlever l'esthésiomètre de façon à faire cesser au même moment chacun des deux contacts.

Il faut que les conditions générales et notamment la température soient identiques à tous les moments de la journée de travail où se font les déterminations. Si par exemple on appliquait l'esthésiomètre sur le front des élèves, venant du dehors, l'hiver; et une heure

plus tard lorsque les sujets sont demeurés dans un appartement chauffé, les résultats obtenus dans la seconde expérience ne pourraient être mis en parallèle avec ceux du matin.

Il faut de toute nécessité opérer toujours exactement sur la même partie du tégument. Si sur le front, par exemple, on place l'esthésiomètre légèrement plus à droite chez un droitier, à gauche chez un gaucher, immédiatement la sensibilité tactile semblera s'accroître. Pour opérer avec précision il faut marquer au crayon bleu la région de la peau explorée, faire sur le front, si c'est le front qu'on explore, une croix médiane, appliquer toutes les fois l'une des pointes de l'esthésiomètre sur le point d'entrecroisement des deux lignes, et l'autre le long de l'horizontale par exemple et toujours du même côté.

Toutes ces précautions indispensables pour assurer des données comparables ont-elles été observées par les promoteurs de la méthode esthésiométrique ? Il est permis d'en douter. Mais de ce que jusqu'ici les mensurations esthésiométriques ne se sont point révélées comme la méthode idéale de mensuration de la fatigue mentale, il n'est nullement permis de conclure que, dans certaines circonstances, un expérimentateur entraîné n'en pourrait tirer profit. Moins encore est-il permis de conclure que les méthodes de la détermination de la fatigue par la mensuration de l'obtusité sensorielle ne sont pas pratiques.

Nous croyons au contraire que cette méthode pourrait devenir la meilleure, la plus rapide de toutes, à deux conditions : la première c'est de déterminer l'obtusité sensorielle sur un organe moins difficile à mesurer que le toucher ; la seconde c'est de mesurer cette obtusité non sur un organe qui intervient dans certains travaux intellectuels — comme le toucher dans l'écriture et le dessin — mais au contraire sur un organe qui y joue le

rôle principal. Tels seraient le sens visuel après une leçon d'écriture ou de dessin, le sens auditif après une leçon purement orale.

Les méthodes franchement indirectes de mesurer la fatigue intellectuelle sont celles qui déterminent l'épuisement musculaire — méthode dynamométrique et ergographique — celles qui mesurent les altérations de la circulation — méthodes cardiographiques, pléthismographiques, etc. — et enfin celles qui enregistrent les troubles de la fonction respiratoire. Toutes démontrent que l'attention intense et soutenue altère les fonctions normales de l'organisme, mais on ne saurait se servir de ces méthodes pour déterminer avec précision le *degré* de fatigue mentale produit par tel exercice déterminé.

Les expérimentateurs ont entrepris de déterminer les causes qui accroissent l'attention.

Ici nous trouvons beaucoup moins de données que sur les causes qui la diminuent. Mais, indirectement, les travaux dont nous avons exposé les conclusions peuvent fournir des indications sur les conditions qui favorisent l'attention. Car si l'on établit, si l'on mesure les conditions qui affaiblissent l'attention, on établit et l'on mesure jusqu'à un certain point les conditions qui agissent en sens inverse. On pourrait, en se basant sur les conclusions des travaux expérimentaux exposés plus haut, affirmer que l'attention augmente par la régularité des stimulations, par leur espacement égal dans le temps, par l'uniformité de leur intensité. Elle augmente encore par le rétrécissement du champ de la conscience, par l'effacement ou l'alternation de toutes les stimulations autres que celles qui sont directement utiles ; enfin les mensurations de la fatigue mentale ont démontré que l'attention est à son maximum le matin avant tout travail intellectuel, reprend en énergie après chaque

période de repos même fort court, et revient à son maximum d'énergie après un repos suffisamment long, dont les mensurations ultérieures parviendront certainement à déterminer la durée approximative.

Les recherches concernant les conditions qui accroissent directement l'attention ont été entreprises par divers expérimentateurs et notamment par M. Wundt.

De l'ensemble des travaux sur les temps de réaction deux conclusions surtout s'imposent, parmi celles concernant l'augmentation de l'attention, ou mieux la facilité de celle-ci.

D'abord l'attention devient relativement beaucoup plus facile lorsque, toutes les conditions étant égales d'ailleurs, la force du stimulant, l'intensité de la sensation augmente.

Supposons que l'on produise, dans les mêmes conditions, une série de sons de plus en plus intenses ; par exemple, en stimulant l'oreille du sujet par le bruit que fait une boule en tombant sur une plaque sonore, d'abord d'une hauteur de cinq centimètres, puis de vingt-cinq et enfin de cinquante-cinq centimètres; les expériences faites dans chacun de ces quatre cas seront différentes uniquement par l'intensité du son stimulant. Dans les quatre cas, le temps de réaction comportera des phases identiques : temps que mettra le son à traverser la couche d'air qui sépare la plaque sonore de l'oreille du sujet, temps nécessaire au son devenu courant nerveux pour traverser le nerf acoustique et arriver au centre cortical et se présenter au bord du champ de la conscience. Seront égales encore les phases motrices du temps de réaction : descente du courant moteur des centres vers les muscles, contraction de ceux-ci, etc. Or si l'on constate que la durée totale du temps de réaction va en diminuant à mesure que l'intensité de la stimulation augmente, on a le droit de dire que ce qui est réduit en fait c'est la durée de la

phase consciente, le temps nécessaire à l'aperception. Celle-ci, l'acte attentif, est facilitée par les accroissements d'intensité.

C'est ce que prouvent à l'évidence les chiffres suivants :

Hauteur de la boule	Temps de réaction
0,05	0,176
0,25	0,159
0,55	0,094

D'autres expériences, faites par des psychologues et des physiologistes dont il serait trop long de citer les noms, prouvent, tout comme les données recueillies par M. Wundt, que l'intensité des stimulations accroît parfois de façon considérable la facilité d'aperception, augmente par conséquent l'attention volontaire du sujet impressionné.

Une seconde condition, plus encore que la précédente, assure la fixation de l'attention, facilite et augmente celle-ci ; c'est ce qu'en langage de laboratoire de psychologie on appelle le *signal*.

Le signal est une stimulation servant d'avertisseur. On le produit quelques instants avant chacune des stimulations convenues auxquelles le sujet est invité à réagir. C'est dans la pratique un coup de timbre sec que l'opérateur fait retentir en abaissant une clef de contact, toujours régulièrement et cela un nombre précis de secondes ou fractions de seconde avant de produire la stimulation même. — Il n'est pas indifférent de donner le signal longtemps ou de suite avant la stimulation qu'il doit annoncer; il existe pour les différentes expériences un intervalle optimum entre le signal et les stimulations, intervalle que l'opérateur doit déterminer expérimentalement. — Lorsque l'on procède dans des conditions absolument identiques d'ailleurs en faisant des séries de temps de réaction sans signal et

d'autres avec signal, on constate que dans les secondes le temps de réaction est toujours sensiblement moindre que dans les premières.

La diminution de durée produite par la signalisation n'est d'ailleurs qu'un cas particulier d'une règle générale que l'on peut formuler comme suit : toute condition qui élimine chez le sujet l'indécision, en déterminant d'une façon quelconque l'impression qu'il va recevoir, diminue le temps de réaction. Cette détermination est immédiate ou médiate, instantanée ou lointaine. C'est ainsi que la connaissance de la nature de la stimulation sur laquelle on doit fixer l'attention, tout comme le signal annonçant qu'elle va se produire, diminue le temps de réaction. Et comme, ici encore, les conditions générales étant supposées les mêmes, rien ne peut faire varier — sensiblement du moins — les phases inconscientes de ce temps de réaction, c'est sur la durée de la phase consciente, de l'aperception, de l'acte d'attention que porte la diminution de durée. L'attention est facilitée, augmentée.

Quelques chiffres :

Réactions à des sensations connues d'avance :

stimulations	*temps de réaction*
son	0,180″
lumière	0,184″
contact	0,205″

Réactions à des sensations inconnues :

stimulations	*temps de réaction*
son	0,250″
lumière	0,256″
contact	0,272″

Des conclusions non moins nettes se dégagent des expériences faites les unes avec signal, les autres sans signal.

Un exemple : *a*) sans signal

hauteur de chute d'une boule	*temps de réaction*
0,06 m.	0,276″
0,25 m.	0,253″

b) avec signal

hauteur de chute d'une boule	*temps de réaction*
0,06 m.	0,175″
0,25 m.	0,076″

On voit que l'avertissement préalable donné dans les conditions que l'expérimentation a révélées les meilleures, diminue le temps de réaction dans des proportions considérables, beaucoup plus considérables que la diminution produite par la connaissance de la nature du stimulant.

Ceci confirme et précise la notion vague que tout instituteur possède de la psychologie de l'attention, et qui fait que du matin au soir il répète continuellement à ses élèves : « faites attention ! »

Enfin un nombre considérables d'expériences ont été entreprises pour mettre en relief et expliquer scientifiquement les variations ou mieux les oscillations de l'attention. Quelqu'effort que fasse un sujet pour porter au maximum son attention active sur une modification consciente produite par une stimulation sensorielle, cette attention ne demeure jamais parfaitement constante. Elle oscille continuellement et régulièrement. Les premières expériences (1) entreprises pour mesurer ces oscillations portèrent sur le sens de l'audition. A un sujet écoutant attentivement une suite de sons absolument identiques comme timbre, hauteur, intensité, ceux-ci paraissent alternativement s'affaiblir et se renforcer. Ces atténuations, ces accroissements d'inten-

(1) Elles furent faites par l'auriste allemand Urbantschisch.

sité se suivent avec une sorte de rythme régulier (1). Des expériences ont été faites par Lange, Munsterberg, Pace et d'autres sur des oscillations pareilles se produisant dans les diverses stimulations sensorielles. Les explications proposées par les expérimentateurs sont fort nombreuses. On peut ramener à trois groupes les hypothèses émises.

Un premier groupe d'interprétations explique ces oscillations régulières par la fatigue, soit des muscles accommodateurs de l'organe sensoriel, soit du système nerveux. Les théories de la seconde espèce expliquent les faits par des fluctuations des fonctions mentales elles-mêmes, attention ou perception. Les dernières théories enfin rattachent les variations ou oscillations de l'attention aux variations rythmiques régulières de la respiration et de la circulation.

Ces explications purement théoriques n'apportent aucune conclusion directement intéressante au point de vue de l'éducation de l'attention.

A côté de ces oscillations régulières très courtes dont on ne voit aucun moyen de tirer parti, doivent exister évidemment des variations plus importantes fort mal connues. Il est naturel d'admettre que l'état de vitalité du système nerveux en particulier, et de l'organisme en général, l'état même de la musculature, des systèmes vasculaire et respiratoire, rendent à certains moments de la journée l'attention plus aisée qu'à d'autres moments. Et sans doute les innombrables travaux tendant à mesurer la fatigue des élèves décèleront-ils de la journée ces moments particulièrement favorables à l'effort d'attention. Mais ils les décèlent mal ou du moins confusément.

A côté des mensurations faites pendant l'année scolaire, il en faudrait joindre d'autres instituées pen-

(1) On admet que les périodes d'oscillation varient de 3 à 25 secondes.

dant les vacances, pendant des périodes de repos absolu — le sujet étant maintenu au lit — pour découvrir chez les sujets normaux les moments du jour où l'effort d'attention atteint son maximum d'aisance. Sans doute constaterait-on dans des conditions pareilles que l'attention est à son maximum le matin, diminue après chaque repas au cours de la digestion et en proportion de l'importance de celle-ci, baisse vers le soir par le fait de l'épuisement progressif aboutissant au besoin de sommeil. Encore faudrait-il opérer concurremment sur des sujets normaux, sains, vivant normalement sans stimulants des fonctions organiques, et ceux qui font habituellement usage de stimulants du système nerveux.

Ceux qui se lèvent frais et dispos ne sont pas comparables aux sujets qui au réveil se trouvent déprimés et ne reprennent leur énergie coutumière qu'après une série d'excitations devenues indispensables.

Ces déterminations délicates ont été jusqu'ici à peine effleurées.

(A suivre) J. J. Van Biervliet.

L'HINTERLAND NORD DU PORT DE BEIRA

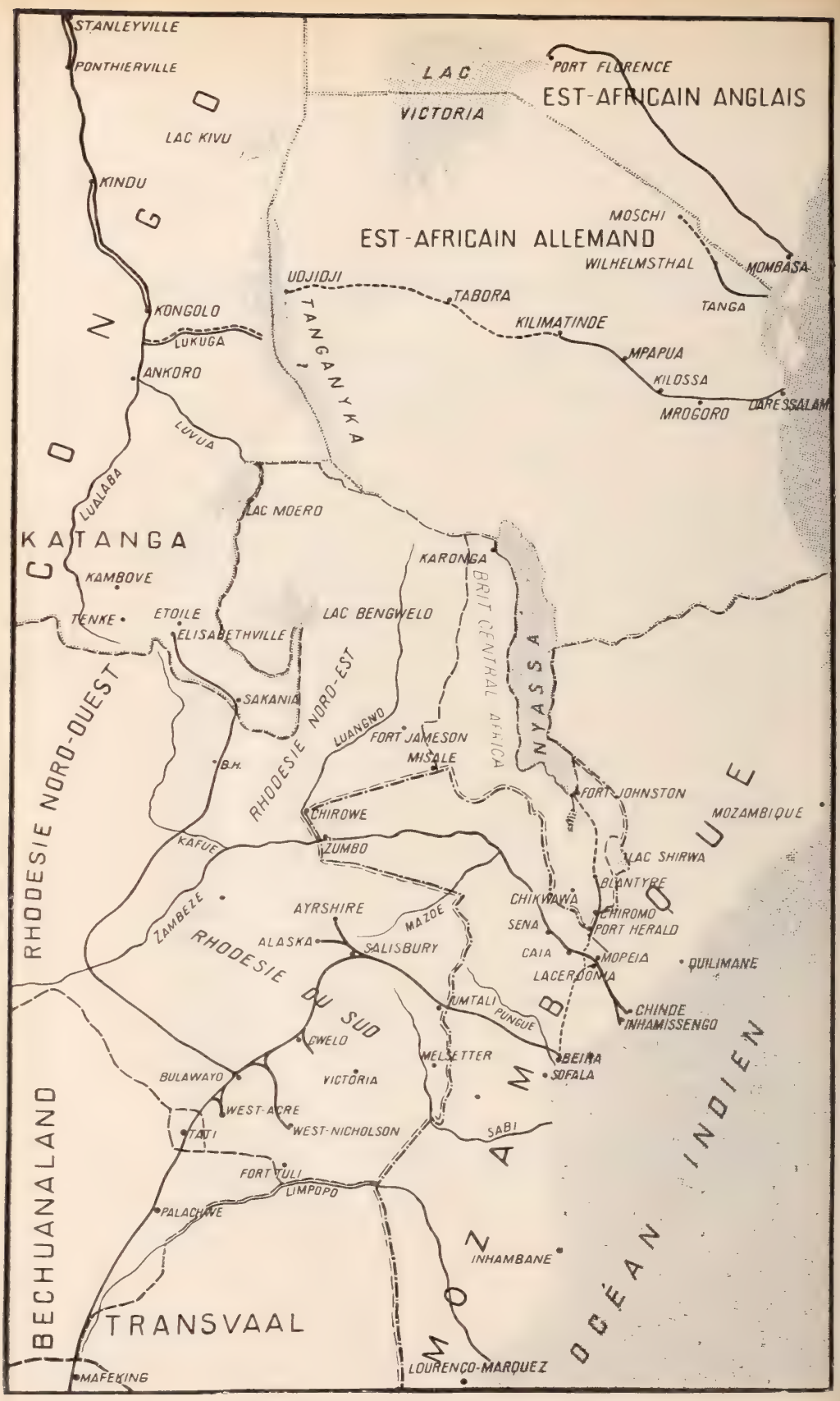
COMMUNICATIONS PAR CHEMIN DE FER AVEC LES LACS NYASSA ET TANGANIKA (1)

Il y a cinq ans, je décrivais, devant la Société scientifique de Bruxelles, la situation géographique et la fonction économique du port de Beira, situé au 20° de latitude sud, à la côte orientale d'Afrique, et je terminais mon exposé en disant : « Le port de Beira est appelé à un avenir considérable. Ce sera, quelque jour, l'une des places maritimes les plus importantes du continent africain (2). »

Certes, la prédiction ne s'est pas encore réalisée, mais je crois bien qu'elle est en train de s'accomplir. Depuis cinq ans, le nom de Beira a été fréquemment prononcé en Belgique ; il a même été mêlé à d'ardentes discussions. C'est que le port dont je parlais au printemps de 1906 est maintenant relié par chemin de fer à l'une des provinces les plus en vue du Congo belge, le Katanga ; c'est par là qu'ont été amenés les rails et les matériaux qui ont servi à construire la voie ferrée de Brokenhill à Elisabethville ; c'est par là que se feront les premières expéditions du cuivre extrait de la fameuse mine de l'Étoile ; c'est par là, enfin, que s'opère l'envoi

(1) Conférence faite à l'Assemblée générale de la Société scientifique de Bruxelles, le 27 avril 1911. — La carte jointe à cet exposé est une carte schématique.

(2) Revue des Quest. scient., 3e série, t. X, 20 juillet 1906, p. 142.


STANLEYVILLE
PONTHIERVILLE
LAC KIVU
KINDU
CONGO
KONGOLO
LUKUGA
ANKORO
LUVUA
LUALABA
LAC MOERO
KATANGA
KAMBOVE
TENKE
ETOILE
ELISABETHVILLE
LAC BENGWELO
SAKANIA
B.H.
RHODESIE NORD-OUEST
RHODESIE NORD-EST
LUANGWO
FORT JAMESON
MISALE
CHIROWE
ZUMBO
KAFUE
ZAMBEZE
AYRSHIRE
ALASKA
SALISBURY
MAZOE
RHODESIE DU SUD
GWELO
VICTORIA
BULAWAYO
WEST-ACRE
WEST-NICHOLSON
TATI
FORT TULI
LIMPOPO
PALACHWE
BECHUANALAND
TRANSVAAL
MAFEKING
LAC VICTORIA
PORT FLORENCE
EST-AFRICAIN ANGLAIS
MOSCHI
EST-AFRICAIN ALLEMAND
WILHELMSTHAL
MOMBASA
TANGA
UDJIDJI
TABORA
TANGANYKA
KILIMATINDE
MPAPUA
KILOSSA
MROGORO
DARESSALAM
KARONGA
BRIT CENTRAL AFRICA
NYASSA
FORT JOHNSTON
MOZAMBIQUE
LAC SHIRWA
BLANTYRE
CHIKWAWA
CHIROMO
PORT HERALD
SENA
CAIA
MOPEIA
LACERDONIA
QUILIMANE
UMTALI
PUNGUE
CHINDE
INHAMISSENGO
MELSETTER
BEIRA
SOFALA
SABI
INHAMBANE
LOURENÇO-MARQUEZ
OCÉAN INDIEN

des objets multiples et des vivres destinés aux pionniers de la partie méridionale de notre colonie.

Beira est devenue l'entrée du Katanga, comme elle l'était déjà de la Rhodésie, et le mouvement de son commerce accuse cette fonction nouvelle. Continuera-t-elle à la remplir ou ne retiendra-t-elle cette situation qu'à titre provisoire et jusqu'à ce que d'autres places, plus proches ou plus économiquement reliées au Katanga, viennent la lui enlever? C'est là une question que nous pourrons examiner tout à l'heure. Mais elle est accessoire à l'objet propre de la présente étude.

Mon but, en effet, est d'envisager, non l'hinterland ouest du port de Beira, auquel je viens de faire allusion, mais son hinterland nord, c'est-à-dire : la région qui s'étend entre Beira et le Zambèze, la vallée du Zambèze même jusqu'aux rapides de Kaborabassa, la partie nord du Mozambique, le Nyassaland, la Rhodésie du Nord-Est, la partie sud de l'Est Africain allemand. Car, c'est tout cela, et peut être quelque chose de plus encore, qui constitue l'hinterland nord du port de Beira.

Du pays compris entre Beira et le Zambèze, et qui est administré par la Compagnie à charte de Mozambique, il n'y a pas grand'chose à dire. Il n'y existe actuellement ni plantations, ni exploitations, ni commerce. Mais, ce morceau de territoire présente une configuration singulière. De Beira, dans la direction de la rivière Shiré, le sol se relève en un pli longitudinal qui atteint graduellement la cote de 300 mètres pour s'abaisser ensuite vers le Zambèse, formant un dos d'âne, à crête étroite, dont l'un des versants s'incline en pente douce vers l'Océan Indien, et dont l'autre versant, à pente plus raide, longe une dépression intérieure, une sorte de Graben comme ceux que l'on rencontre dans l'Est Africain allemand. Par cette dépression les eaux du Pungué, fleuve de Beira, communiquent avec le Zambèze, à la saison des pluies.

Une partie de cette région est bien boisée ; la terre y est bonne ; mais, faute d'utilisation, elle n'apporte jusque maintenant aucun élément au trafic du port de Beira.

Il n'en est pas de même de la vallée du Zambèze où régnait déjà, dans le passé, une certaine activité commerciale. Les Pères Jésuites y eurent plusieurs missions au XVIIe siècle, et l'auteur d'un ouvrage officiel anglais estime que, s'ils n'avaient pas été éloignés au XVIIIe par le marquis de Pombal, ils auraient vraisemblablement poussé leurs explorations jusqu'au lac Nyassa, qu'ils eussent conquis à la souveraineté portugaise. C'est bien possible.

Mais, au XIXe siècle, le Zambèze était fort délaissé, et quand Livingstone y pénétra de nouveau en 1859, tout le monde s'émerveilla comme au récit d'une découverte.

Aujourd'hui le Zambèze est le siège de cultures et d'usines importantes. L'an dernier on y a produit 17 000 tonnes de sucre de canne, les indigènes y font des cultures étendues d'arachides, et le bétail y vient très bien. Naturellement, cette production qui s'exporte appelle une importation correspondante. Cette exportation et cette importation se font par le port de Beira.

Ceci, à première vue, paraît singulier. Il se comprend mal que le commerce extérieur d'un grand fleuve se fasse par un port situé à 250 kilomètres de son embouchure. La chose s'explique par le fait que le Zambèze, qui a deux ou trois kilomètres de large, est peu profond. Ses eaux se mêlent à l'Océan Indien par diverses bouches, formant un delta d'une énorme étendue, et qui s'obstruent successivement les unes après les autres, pour être continuellement remplacées par de nouveaux débouchés. Le chenal d'Inhamissengo, par où Livingstone entra il y a cinquante-deux ans, n'est plus praticable ; une autre entrée, celle de Con-

ceicao, a disparu. Les Anglais qui, à la suite de Livingstone, avaient déjà fondé quelques établissements aux environs du lac Nyassa, étaient fort embarrassés de leurs communications avec la côte, quand, en 1889, l'un d'eux, M. Rankin, trouva une bouche du delta Zambésien praticable pour de petits steamers. C'est là que s'établit la ville de Chindé dont le port admet avec peine des bâtiments de 300 tonnes et qui, pour les mêmes raisons que celles qui ont fait disparaître les autres, devient d'un accès de plus en plus difficile.

C'est par Chindé que se pratique le commerce du Zambèze, mais c'est à Beira qu'il aboutit. Les bateaux fluviaux à fond plat, avec roue à l'arrière, d'une capacité de 70 tonnes au plus, qui transportent les productions de la vallée, les amènent à Chindé où elles sont transbordées sur les steamers de 300 tonnes, et ceux-ci partent avec leur chargement pour Beira où il est mis à bord des grands steamers qui l'emportent pour l'Europe.

Le même processus a lieu, en sens inverse, à l'importation.

Cette organisation des transports présente naturellement de multiples inconvénients. D'abord, la lenteur : il faut, par cette voie, cinq à six jours pour se rendre de Beira au confluent du Zambèze et du Shiré. Les échouages sont fréquents, les passes du fleuve étant incertaines et variables. Les frets, par conséquent, sont élevés surtout à la montée. Enfin, la situation n'est pas susceptible d'amélioration, parce que le peu de profondeur des eaux ne permet pas d'augmenter la capacité des bateaux. Aussi entrave-t-elle sensiblement le développement économique de la vallée du Zambèze, dont le sol propre à divers genres de culture renferme aussi des gisements miniers inexploités jusqu'à présent.

Elle paralyse également le progrès de toute la région située au nord du Zambèze et dont le commerce doit

nécessairement s'effectuer par le fleuve, c'est-à-dire, de la vallée portugaise du Shiré qui s'étend sur une centaine de kilomètres, et du protectorat anglais du Nyassaland.

Le Shiré portugais est jusqu'à présent un pays de production exclusivement agricole. Il alimente déjà le trafic zambésien dans une certaine mesure.

Quant au Nyassaland, c'est un pays des plus intéressants, extrêmement accidenté et pittoresque, possédant de hautes montagnes, des lacs, comme la Suisse et l'Écosse, mais dont l'un, le lac Nyassa, dépasse de loin en dimension tous les lacs suisses et écossais. Sa longueur, de Fort Johnston à sa pointe septentrionale, est de 579 kilomètres. Par ordre d'importance, il occupe le troisième rang parmi les grands lacs africains. C'est, en réalité, une gigantesque crevasse, bordée à l'Est d'escarpements brusques atteignant aux monts Livingstone, en territoire allemand, l'altitude de 10 000 pieds, et à l'Ouest, de terres en pente douce, se relevant plus lentement, mais pour arriver aussi en certains points à des hauteurs considérables. La profondeur des eaux du lac Nyassa va jusqu'à 700 mètres. Plusieurs steamers, dont l'un de près de 400 tonnes, y naviguent régulièrement et font escale à plusieurs ports de la rive droite et de la rive gauche. Le port Sud est Fort Johnston, le port Nord, en territoire anglais, est Karonga. En territoire allemand, on trouve Wiedhafen au Nord-Est.

Du Nord au Sud, le Nyassaland a une longueur de 836 kilomètres.

Sa superficie totale est de 113 064 kilomètres carrés, près de quatre fois la Belgique. Il est bien peuplé pour un pays d'Afrique. Au 31 mars 1909, on y comptait 996 166 indigènes, 599 Européens et 457 Asiatiques.

Il ne faut donc qu'un nombre restreint de blancs pour tenir en bon ordre une importante population

d'indigènes. Il est vrai de dire qu'une partie notable des asiatiques sont des Sikhs de l'Inde qui servent dans la force publique. Mais celle-ci comprend aussi des indigènes.

Ces indigènes, maintenant disciplinés et observateurs de la paix publique, comptaient, il y a peu d'années encore, parmi les peuplades les plus belliqueuses et les plus hostiles aux Européens de toute l'Afrique. Ce beau et pittoresque pays a vu défiler de longs cortèges d'esclaves guidés par des trafiquants arabes vers le port de Quélimane où ils étaient embarqués à destination des marchés d'Orient. Depuis l'arrivée de Livingstone, pour ainsi dire, jusqu'en 1898, les Anglais ont été continuellement en lutte avec les habitants du pays. Il leur a fallu soumettre les différentes tribus les unes après les autres, puis, réprimer la traite et détruire les villages fortifiés des forbans qui la pratiquaient. Le fond même de la population indigène a été profondément remanié au commencement du XIXe siècle par l'invasion des Angonis, anciens Zoulous, chassés par leurs frères du Sud africain, qui traversèrent le Zambèze et pénétrèrent dans le Nyassaland actuel par plusieurs frontières à la fois. Cette juxtaposition de races forme aujourd'hui une population tranquille et même laborieuse.

Les Anglais considèrent le Nyassaland comme une colonie de peuplement pour les blancs. Le fait est qu'en beaucoup de points la température ne monte jamais au delà de 32°, qu'elle descend pendant la saison froide jusqu'à 4° au-dessus de zéro, et qu'en moyenne elle est de 22°.

Des tracts fort bien faits sont répandus par la *British Central Africa Co* pour y attirer les colons. Ces tracts constituent un modèle que nous ferions bien, en Belgique, d'imiter pour le Congo. Ils fournissent des renseignements substantiels sur la qualité des terres,

le genre de culture que l'on peut y pratiquer, les moyens d'expédier les produits et jusqu'au taux global des frets de diverses stations en droiture pour des ports d'Europe.

Le coton, le café, le tabac sont les productions principales du Nyassaland. Le maïs est venu s'y joindre l'an dernier. On y cultive également le thé, les arachides, la plante à poivre, les sansevières, des arbres à caoutchouc, etc.

Le café semble être originaire du Nyassaland et pendant longtemps il a constitué la denrée d'exportation dominante. Le cotonnier y a été introduit, mais grâce à des tentatives répétées et à une culture méthodique, il y a fait merveille, si bien que telle qualité d'origine américaine est cotée plus haut quand elle vient du Nyassaland, que lorsqu'elle arrive des États-Unis mêmes. Ces résultats sont dus, en grande partie, aux efforts et à la propagande de la *British growing cotton Association* qui a pour but de développer la culture du coton dans les Colonies anglaises. C'est un sujet d'étonnement pour moi de voir que nos filateurs de coton ne cherchent pas à les imiter et à s'affranchir, tout au moins partiellement, des fournisseurs américains ou autres, en tentant sérieusement la culture des cotonniers dans notre Congo. Qu'on ne vienne pas me dire que l'on a essayé et que l'on n'a pas réussi. Il me paraît impossible que dans un territoire aussi vaste que le Congo, comportant des régions soumises à des climats si différents, l'on n'en trouve pas quelqu'une où les pluies, la sécheresse, l'humidité et la chaleur se combinent de manière à répondre aux exigences de la plante. Nous achetons chaque année à l'Amérique, qui nous ferme ses portes, pour plus de 90 millions de francs de coton brut. Il vaudrait mieux en acheter une partie au Congo : nous payerions avec des produits belges.

Mais revenons au Nyassaland. Ses exportations qui, jusqu'en 1908, atteignaient difficilement 1000 tonnes, ont monté en 1909 au delà de 1500 tonnes, puis brusquement en 1910 à 4000 tonnes. Jusqu'à présent, le pays est exclusivement agricole ; mais il pourrait devenir industriel. On y a trouvé du charbon. Les importations en 1909 et 1910 ont été de 5000 à 6000 tonnes. Il n'est pas douteux que ce commerce se développerait, si le pays possédait des moyens de communication plus commodes avec la mer.

La partie méridionale de l'Est Africain allemand et la Rhodésie du Nord-Est, situées à plus grande distance, souffrent. plus encore que la Nyassaland et la Zambésie portugaise, de la défectuosité des communications avec la mer. Leur activité économique a été presque nulle jusqu'à présent.

Telle qu'elle est, la route actuelle du Zambèze, par le fleuve, le Shiré son affluent et le lac Nyassa, est pratiquée depuis longtemps ; elle se prolonge même jusqu'au lac Tanganika par une route qui court le long de la frontière anglo-allemande pour aboutir au port de Kituta. Il y a très peu d'années, les officiers et fonctionnaires du Congo belge l'empruntaient encore pour se rendre aux postes de la Province orientale et du Katanga.

N'y a-t-il rien à faire pour l'améliorer et pour animer d'une vie nouvelle tout cet hinterland Nord du port de Beira ?

Il existe, en effet, un programme, et le programme est en voie de réalisation.

C'est le Nyassaland qui a commencé.

Il avait des raisons particulières pour cela. Le Nyassaland n'a pas à compter seulement avec les difficultés de la navigation sur le Zambèze et l'insuffisance du port de Chindé pour les communications avec l'Océan. Il est très mal desservi par la route même qui

le relie au Zambèze, c'est-à-dire par le Shiré. Cette rivière, émissaire du lac Nyassa, est barrée vers le milieu de son cours et sur une longueur d'environ 150 kilomètres par des rapides, dits chutes de Murchison, qui rendent toute navigation impossible. Sa navigabilité, dans son cours inférieur, est à la fois très limitée et très variable. Dans les circonstances les plus favorables, les bateaux peuvent remonter jusqu'à Katunga ; mais pratiquement, on doit admettre que la navigation s'arrête à Chiromo, confluent du Shiré et du Ruo, et même en aval encore, à Port Herald. Le niveau des eaux du Shiré dépend de celui du lac Nyassa, et, depuis un certain nombre d'années, celui-ci a été très bas. Il varie aussi selon les saisons. En fait, la partie du Shiré située dans le territoire anglais n'a plus été navigable durant la saison sèche, c'est-à-dire d'avril à décembre, depuis 1903. La situation de la colonie, réduite à cette seule voie de communication, en est devenue très critique, puisque le gros de ses transports devait s'effectuer en trois ou quatre mois. En amont des chutes de Murchison, la rivière redevient navigable jusqu'au lac Nyassa, mais seulement pour des bateaux à vapeur de très faible tirant d'eau.

Ces circonstances ont amené l'administration du protectorat à envisager la construction d'une voie ferrée sur une longueur correspondant à la partie non navigable ou difficilement navigable du Shiré. En 1902, un contrat fut passé à l'effet d'établir une ligne reliant Chiromo à Blantyre, avec le dessein de la prolonger ultérieurement jusqu'au lac. Plus tard, on substitua Port Herald à Chiromo comme point de départ. Cette ligne a été achevée le 31 mars 1908 et elle est actuellement en exploitation.

Partant de la frontière sud du protectorat, elle présente une longueur de 182 kilomètres. La construction en a été rendue malaisée et onéreuse par la nature du

sol, les ouvrages d'art à établir et la difficulté du transport des matériaux par la voie du Zambèse. Toutefois, dès la première année, si peu de trafic qu'elle ait eu, elle a aisément couvert ses dépenses d'exploitation.

Voici déjà exécutée l'une des parties du programme.

Une seconde partie consiste dans l'établissement d'une communication directe, par voie de terre, entre le port de Beira et le Zambèze moyen, en vue d'éviter le port de Chindé et la navigation sur le Zambèze inférieur. Dès 1898, la Compagnie de Mozambique a concédé la construction et l'exploitation d'un chemin de fer destiné à réaliser cette communication. La concession se trouve entre les mains d'une société fondée en Belgique. Jusqu'en 1906, cette société pensant, avec raison d'ailleurs, qu'elle ne trouverait pas les capitaux nécessaires pour construire une ligne à travers un territoire où n'existaient ni cultures, ni exploitations, ni trafic, était restée inactive. Mais à ce moment, on reconnut que le commerce du Zambèze aboutit finalement au port de Beira et que ce commerce avait pris une sensible extension. On décida, dès lors, de procéder aux études de la ligne qui sont aujourd'hui terminées. Le relief montagneux s'étendant de Beira dans la direction du Shiré et dont nous avons parlé, forme en quelque sorte une plate-forme naturelle pour le nouveau chemin de fer, dont l'établissement se présente dans des conditions très favorables.

De plus, le trafic par eau entre Beira et le Zambèze n'a cessé de progresser. Considéré comme inexistant avant 1899, les rapports consulaires le mentionnent à partir de ce moment. Les chiffres ont été successivement, d'après les documents officiels :

1903	17 163	tonnes
1904	26 864	—
1905	24 520	—

1906	25 907 tonnes
1907	23 073 —
1908	37 150 —
1909	47 747 —

Le chemin de fer de Beira au Zambèze est donc, avant même d'être construit, assuré de son trafic. Il y a à peu près 200 kilomètres de Chimbué, confluent du Zambèze et du Shiré, à Chindé, embouchure du Zambèze, et 250 de Chindé à Beira, soit en tout 450 kilomètres de navigation. La ligne de Beira-Chimbué en aura 300. Le voyage par rail se fera en 6 ou 7 heures, au lieu de 5 à 6 jours par eau. Et comme les conditions d'établissement du chemin de fer permettront d'exploiter avec profit à des tarifs aussi bas ou même plus bas que ceux de la navigation, il n'est pas douteux que la nouvelle route absorbe immédiatement tout le trafic en voyageurs et en marchandises.

L'ouverture de cette voie de communication constituera un bienfait énorme pour tout l'hinterland Nord du port de Beira. Mettant fin terme aux inconvénients multiples de la voie fluviale, elle fera gagner, dans la pratique, plus de huit jours sur la durée de tous les transports à destination du moyen et du haut Zambèze, du Shiré et du Nyassaland. Aussi, bien que la construction n'en soit pas encore entamée, n'est-il pas douteux qu'elle se fasse à bref délai.

En ce qui concerne la troisième partie du programme, des arrangements sont en voie de conclusion pour prolonger vers le Sud le chemin de fer du Nyassaland, et opérer sa jonction avec la ligne de Beira par un pont de 2 kilomètres sur le Zambèze, ainsi que pour étendre la voie ferrée vers le Nord jusqu'au lac Nyassa.

Entre Port Herald, terminus actuel du chemin de fer du Nyassaland, et Chimbué, terminus futur de la ligne de Beira, il y a 100 kilomètres. Une Compagnie portu-

gaise a déjà fait faire des études sur une partie de ces 100 kilomètres. C'était avec la pensée de se relier au port de Quélimane. Mais le port de Quélimane est un port secondaire, de profondeur insuffisante, qui dépend lui-même pour son trafic du port de Beira. Mieux vaut donc viser directement et tout de suite le port de Beira, et c'est à quoi l'on s'est résolu.

Ainsi, dans peu d'années, le port de Beira sera relié au lac Nyassa par une voie ferrée de 770 kilomètres, appelée à recueillir tout le trafic du Zambèse moyen, d'une partie notable de la Zambésie portugaise, de la Rhodésie du nord-est, de tout le Nyassaland et, pour partie, des autres territoires, y compris le territoire allemand, qui bordent le lac. De Beira, par le chemin de fer, on pourra atteindre Port Johnston sur le lac, en 30 heures, probablement même en moins. De Port Johnston à Karonga à l'extrémité nord du lac Nyassa, on met actuellement 50 heures en steamer. Il faudra donc à peine plus de trois jours pour se rendre de Beira jusqu'au nord du Nyassa et se trouver à 350 kilomètres seulement du lac Tanganika.

Or, il n'est pas sans intérêt de constater que la résolution de poursuivre la construction de la ligne vers le Nyassa a été prise en Angleterre au moment où, d'une part, les Chambres belges venaient de décider l'établissement d'un tronçon mettant le chemin de fer des Grands Lacs en connexion avec le Tanganika et où, d'autre part, la presse officieuse allemande donnait les nouvelles les plus satisfaisantes de la marche des travaux de la ligne de Dar-es-Salam à Tabora et annonçait, bien que la construction n'en soit pas encore définitivement décidée par les pouvoirs publics, l'arrivée du prolongement de cette ligne à Udjidji sur le Tanganika pour 1915, sinon pour 1914.

N'y a-t-il vraiment là qu'une simple coïncidence, ou faut-il y voir quelque chose de plus ? Est-il interdit,

par exemple, d'y voir le désir des Anglais de s'assurer leur part d'influence au lac Tanganika, cette mer intérieure de 650 kilomètres de longueur, dont ils possèdent la rive méridionale, en s'y préparant un accès plus facile? De Karonga, port anglais sur le Nyassa, à Kituta, port anglais sur le Tanganika, il n'y a, disions-nous, que 350 kilomètres. Et ce n'est pas une grande affaire aujourd'hui que de construire 350 kilomètres de chemin de fer, fût-ce au centre de l'Afrique, lorsque d'importants intérêts sont en jeu.

Mais le chemin de fer n'est pas même nécessaire tout de suite. Entre les deux ports existe une route commencée dès 1881 aux frais de James Stevenson, président de l'*African Lakes C^o*, achevée et réfectionnée depuis lors, qui fournit déjà un moyen satisfaisant de communication. Cette route n'est pas une route ordinaire d'Afrique. Construite sur un terrain de gneiss, avec des ouvrages d'art, elle pourrait être parcourue par des voitures automotrices à benzine qui assureraient le transport des voyageurs et des marchandises de valeur, en attendant que le chemin de fer se construise.

Toujours est-il que par l'ensemble de ces voies de communication, d'une longueur totale de 1670 kilomètres, pourvue de moyens de transport commodes et rapides, Beira se trouvera bientôt reliée au lac Tanganika, et par là même, à une autre frontière du Congo belge que celle du Katanga. Il en résulte que le tronçon du chemin de fer des Grands Lacs, récemment décidé, trouvera devant lui en arrivant à M'toa-Albertville, deux débouchés : celui de la ligne allemande Udjidji-Dar-es-Salam, et celui de la ligne anglaise ou internationale Kituta-Beira. Et ainsi, le port de Beira entre en compétition avec celui de Dar-es-Salam pour cette partie de son hinterland.

Mais la voie de Kituta-Beira, incontestablement plus

longue, pourra-t-elle jamais rivaliser, au point de vue du coût des transports, avec la ligne allemande Udjidji-Tabora-Dar-es-Salam ?

La question ne se poserait même pas, si l'itinéraire Beira-Kituta ne comprenait un trajet important par eau : les 550 kilomètres du lac Nyassa. Or, il y a navigation et navigation. Lorsque, à cause de la faible profondeur des eaux, les transports doivent s'effectuer par bateaux de faible capacité, comme sur le Zambèze, où les plus grands sternwheelers ne dépassent 70 tonnes, il est impossible de faire descendre le prix de revient du transport au-dessous d'une certaine limite. Mais le prix s'abaisse dès que l'on peut transporter par steamers de 400 tonnes. Dans ce cas, on admet généralement que le prix de revient de la tonne kilométrique peut être amené au tiers de ce qu'il est par voie ferrée. Or, ce sont précisément là les conditions de la navigation sur le lac Nyassa, et, par conséquent, la longueur commerciale du trajet du lac peut être fixée à 180 kilomètres environ dans la comparaison à établir avec une voie ferrée concurrente. Les 1670 kilomètres de la route Beira-Kituta peuvent donc être considérés comme l'équivalent de 1300 kilomètres environ de voie ferrée.

Quelle sera la longueur de la ligne allemande Dar-es-Salam-Tabora-Udjidji ?

Dans un ouvrage scientifique très bien fait, *Das Deutsche Kolonial Reich*, de Hans Meyer, dont le tome I a paru en 1909, on l'évalue à 1370 kilomètres. Récemment la *Gazette de Cologne* l'estimait à 1200 kilomètres. La vérité est qu'on n'en sait encore rien, puisque les études de la section Tabora-Udjidji ne sont pas terminées. Ce qu'on croit savoir, c'est que jusqu'à Tabora, la ligne comptera 850 kilomètres. Si la longueur du rail entre Tabora et Udjidji est dans la même proportion que la longueur Dar-es-Salam-Tabora, il faut admettre que toute la ligne aura de 1250 à 1300

kilomètres. La différence avec la ligne Beira-Kituta serait donc peu importante.

Un autre facteur du coût du transport est le profil de la voie. Sur le chemin de fer du Nyassaland, de Port Herald à Blantyre, le profil est assez accidenté et les rampes atteignent en certains endroits 22 millimètres par mètre. Le terrain entre Blantyre et le lac Nyassa semble un peu plus facile. De Port Herald au Zambèze, également. Quant au chemin de fer de Beira au Zambèze, il ne présentera nulle part de rampes supérieures à 12 millimètres, ni de rayon inférieur à 300 mètres. Pour un chemin de fer colonial, ce sont là des conditions exceptionnelles qui permettront d'exploiter à très bas prix. La ligne de 350 kilomètres à substituer à la route de Stevenson aurait un profil passablement accidenté à la sortie du Nyassa, selon toute apparence, après cela, elle court sur une crête de partage.

La ligne allemande de Dar-es-Salam à Udjidji traverse des régions très différentes dans son parcours de près de 1300 kilomètres ; mais il en est une surtout qui est caractéristique : c'est la région de la grande dépression est-africaine située entre la station de Dodoma et celle de Saranda. Cette dépression, que les Allemands nomment *Graben*, est une gigantesque crevasse courant sur des centaines de kilomètres du N.-N.-E. au S.-S.-W., avec une largeur qui comporte aussi, en certains points, des centaines de kilomètres. Les eaux qui se déversent dans ce fossé géant n'ont point d'issue vers la mer ; elles disparaissent par infiltration ou par évaporation. Le *Graben* est-africain présente cette particularité d'être la limite de séparation des eaux qui s'écoulent vers la Méditerranée, l'Atlantique et l'Océan indien. Sur le revers de son bord septentrional naissent des rivières qui se jettent dans le lac Victoria-Nyanza, l'une des sources du Nil.

Dodoma, au kilomètre 450, est à la cote de 1140 m. au-dessus du niveau de la mer. Le fond du *Graben* est à 830 mètres. Saranda, au kilomètre 570, est à 1326 m. Sur un parcours de 120 kilomètres, soit la distance de Bruxelles à Pepinster, la voie ferrée doit donc descendre de 310 mètres d'abord et remonter de 496 mètres ensuite. Malgré cela, il paraît qu'en aucun point il n'existera de rampe supérieure à 25 millimètres par mètre, et qu'au total, le profil du chemin de fer allemand sera meilleur que celui du chemin de fer anglais de l'Uganda.

Il semble donc que de ce point de vue encore, la ligne de Dar-es-Salam et la ligne de Beira seront à peu près à égalité.

La distance entre Udjidji et Kituta, sur le lac Tanganika, étant d'environ 450 kilomètres, ce qui apparaît finalement comme probable, c'est qu'un partage du trafic s'opérera entre les deux routes. En tout cas, au point de vue de la Colonie belge, la possibilité du choix ne peut qu'être avantageuse ; elle lui assurera des communications économiques avec les grands ports de la côte orientale.

Nous avons donc, en Belgique, une double raison, maintenant, d'être attentifs au développement commercial du port de Beira. Il nous intéresse à la fois au point de vue de nos communications avec le Katanga et avec le Tanganika, et quoi qu'on en ait pu dire, il ne cessera pas de nous intéresser.

On a dit — et l'opinion est assez répandue — que Beira ne servirait que provisoirement aux exportations et aux importations du Katanga ; qu'aussitôt la ligne de Lobito Bay construite, la longueur moins grande de cette ligne et son aboutissement à un port de l'Océan atlantique, plus proche des ports d'Europe, lui assureraient la prééminence et enlèveraient à Beira la fonction temporaire de port du Katanga.

Ceci n'est rien moins que certain.

De Beira à Kambove, il y a, par la voie actuelle Salisbury-Buluwayo-Victoria-Falls-Broken-Hill-Sakania-Elisabethville, 2795 kilomètres. De Lobito Bay à Kambove, il n'y aurait, d'après un document officiel, que 1900 kilomètres. Admettons le chiffre, mais la première section de la ligne de Lobito Bay est construite dans un pays si difficile et a coûté si cher que, dans la convention intervenue entre la Compagnie portugaise et la Compagnie du chemin de fer du Katanga pour le partage des recettes, les 200 premiers kilomètres comptent pour double. Commercialement parlant, la ligne de Lobito Bay aura donc au moins une longueur de 2100 kilomètres.

Or, si le trafic du Katanga en vaut la peine, il est clair que les chemins de fer rhodésiens ne le laisseront pas échapper, et pour y arriver, il leur suffira de prolonger, à partir de Salisbury, une ligne déjà amorcée dans la direction de Broken Hill, ce qui aura pour conséquence d'éviter l'énorme détour que fait le tracé existant en passant par Buluwayo et les Victoria falls. De plus, cette nouvelle ligne traverserait un pays fortement minéralisé où déjà des gisements sont démarqués. Le raccourci serait d'au moins 800 kilomètres, ce qui ramène à 2000 kilomètres environ la distance Beira-Kambove.

Si, donc, la ligne de Lobito Bay doit enlever le trafic de toute la partie du Congo belge située à l'ouest de Kambove, il est au contraire possible et probable que Beira conservera les transports de tout ce qui est situé à l'est de cette localité, à moins, toutefois, que les frets de Beira ne soient sensiblement plus élevés que ceux de Lobito Bay.

Or, ceci soulève de nouveau une question fort intéressante.

Actuellement les frets ont plutôt la tendance d'être plus bas à la côte orientale qu'à la côte occidentale. J'ai cherché la cause de ce fait, assez surprenant, puisque la distance est plus grande des ports d'Europe aux premiers qu'aux seconds. On peut la trouver dans cette particularité que la côte orientale d'Afrique offre à la navigation beaucoup de bons ports situés à la distance d'un, deux ou trois jours de mer les uns des autres.

En allant d'Aden dans la direction sud, c'est, d'abord, le port de Mombassa, aboutissement de la ligne anglaise de l'Uganda et qui dessert l'Est Africain britannique et même les rives allemandes du lac Victoria-Nyanza ; puis, le port de Tanga, dans l'Est Africain allemand, d'où part la ligne de l'Usambara ; ensuite Dar-es-Salam, tête de ligne de ce qu'on appelle dès maintenant le transcontinental Africain ; Zanzibar, en relation de trafic avec l'Inde ; le vieux port de Mozambique, toujours fréquenté, puis Beira, Lourenço-Marquez, Durban, Port Élisabeth, Cape-Town, tous ports accessibles à des steamers de 7000 à 8000 tonnes, pourvus de hinterlands plus ou moins étendus, ramassant par cabotage le fret des ports secondaires.

Semblables aux trams qui déposent et embarquent des voyageurs à chaque arrêt, utilisant ainsi presque toute leur capacité de transport, les steamers des grandes lignes déchargent des marchandises et en reprennent à chacune de leurs escales, et finissent par regagner l'Europe, les flancs presque aussi remplis qu'à leur départ.

A la côte occidentale, les grands ports sont plus rares, se suivent de plus loin ; les chances de chargement et de déchargement sont plus aléatoires, le taux des frets s'en ressent.

Pour cette double raison, par conséquent, distance

par rail, frets favorables, Beira restera le port d'une partie notable du Katanga Sud ; il est en train de devenir le port d'une partie tout au moins du lac Tanganika, et, par conséquent, du Katanga Nord. C'est là une situation qu'il faut reconnaître. Il faut, l'ayant constatée, faire ce qu'elle commande pour en tirer le meilleur parti possible.

CHARLES MORISSEAUX.

PARIS PORT DE MER

Il y a longtemps qu'il est question de faire de Paris un véritable port de mer : déjà au temps de Henri IV, ce projet avait été mis en avant par le fameux ministre Sully. Plus tard, sous Louis XIV, Vauban l'avait repris. On retrouve la même proposition dans les cahiers de 1789 : les délégués de la capitale s'expriment de la manière suivante : « La Seine serait un fleuve d'or, le gage de la puissance future de la France, si la Nation encore réalisait ce projet possible et nécessaire de faire aborder les vaisseaux des extrémités de la terre au sein de cette cité populeuse et superbe ».

L'idée reparut après 1815. Un mémoire publié en 1825 n'hésite pas à déclarer qu'en faisant de Paris une ville maritime on donnera le plus grand développement aux affaires commerciales, on placera la politique sous de nouveaux aperçus, on changera les relations existantes, on en créera d'inattendues. Quelques mois après, le roi Charles X, inaugurant le canal de St-Denis, faisait appel aux ingénieurs pour exécuter cette « œuvre grandiose ».

On peut dire cependant que le projet de Paris port de mer a revêtu depuis quelques mois un caractère d'actualité. Ses partisans ont cherché en effet à profiter de l'émotion causée au sein de la population parisienne par les terribles inondations de 1910, ils ont essayé de faire croire que ce serait le meilleur moyen de défendre la capitale contre les incartades de la Seine, de la pro-

téger à tout jamais contre la possibilité d'une nouvelle crue. Et comme on se plaint de plus en plus, et avec raison d'ailleurs, de l'insuffisance de l'outillage national, on n'a pas manqué d'ajouter que ce serait un excellent moyen de développer la vie économique de notre pays, un excellent moyen de donner à la région parisienne un surcroît d'activité, de permettre à Paris de « rivaliser avec les autres capitales du monde ». Si notre marché national dépend, dit-on, dans une large mesure de Londres et d'Anvers, c'est parce que le Havre et Rouen ne peuvent, dans l'état actuel des choses, lutter avec succès contre ces grands ports : la France a le devoir de créer un organisme qui lui permette de soutenir la concurrence.

On a cherché aussi à tirer argument de la situation difficile dans laquelle se sont trouvés pendant plusieurs mois, et se trouvent encore aujourd'hui, les services de l'Ouest-État. C'est, dit-on, parce que la voie ferrée est insuffisante que se sont produits tant d'accidents, que l'encombrement et le désordre ont été si grands. La construction d'une seconde ligne ne serait qu'un palliatif insuffisant : il faut, indépendamment du doublement de la voie ferrée, mettre la voie fluviale dans un état tel qu'elle puisse parer à toutes les défaillances du chemin de fer.

Un certain nombre de personnes ont vu également, dans le projet Paris port de mer, une occasion d'effectuer des travaux considérables, et de donner du travail aux ouvriers ; ce serait sûrement une source de bénéfices considérables pour un certain nombre d'entrepreneurs. Il y aurait tout spécialement de beaux profits à réaliser par les personnes possédant des terrains à Clichy, terrains qui prendraient nécessairement une plus grande valeur. Tous ceux qu'il faudrait « exproprier » sont partisans du projet que nous allons examiner.

L'auteur d'un article fantaisiste, illustré de dessins

dénotant beaucoup d'imagination, qui a paru dans le JE SAIS TOUT du 15 janvier dernier, va jusqu'à dire que théoriquement Paris port de mer doit drainer des milliards. Il s'agit d'une « œuvre nationale ». C'est l'intérêt même de la patrie qui est en jeu ! Voilà une entreprise propre à aider la France à prendre conscience de ses grands intérêts et de ses glorieuses destinées. Comment ! nous plaçons des milliards à l'étranger ! C'est avec l'argent français qu'ont été construits ou aménagés les ports de Para, de Montevideo, de Rosario. Et les Français hésiteraient à créer le port de mer par excellence ! Ils hésiteraient devant une œuvre plus propre qu'aucune autre à les faire sortir de la torpeur qu'on leur reproche !

Je ne puis songer à examiner ici au point de vue technique toutes les propositions qui ont été faites. Le projet le mieux étudié est toujours celui de Bouquet de la Grye, qui fut soumis à la Chambre en 1896. Il y fut l'objet d'un rapport favorable de M. Descubes, puis d'un avis défavorable de M. de Lasteyrie au nom de la Commission du budget, mais il recueillit l'adhésion de la majorité des chambres de commerce et la signature de 350 000 Parisiens.

C'est ce projet qui a servi de base à celui dont on nous propose aujourd'hui l'adoption. En voici les lignes essentielles : on emprunterait le lit de la Seine, sauf en deux endroits où on couperait deux grandes boucles de façon à abréger de 65 kilomètres le trajet du Havre à Paris. On donnerait au fleuve une profondeur de 7 mètres 20, mais les ouvrages d'art seraient fondés à 8 mètres pour permettre un approfondissement ultérieur du fleuve. La différence de niveau entre Paris et la mer serait rachetée par quatre énormes écluses constituant quatre barrages à Poses, à Méricourt, à Poissy, à Sartrouville. Ces barrages formeraient quatre biefs, celui de Vernon, qui aurait 80 kil. de longueur,

celui de Poissy, celui de l'Oise, enfin celui de Paris, aboutissant à Clichy où on créerait de vastes bassins. Quant à la dépense, Bouquet de la Grye parlait de 175 millions. Ce chiffre, avec les dimensions proposées, devrait être au moins doublé, et si on veut tenir compte des dépenses qui seraient indispensables pour l'aménagement d'un port assez spacieux dans la banlieue parisienne, où les terrains ont déjà une grande valeur, on peut supposer que le chiffre de 500 millions serait atteint, peut-être même dépassé.

Mais cette dépense ne serait pas, dit-on, à la charge de l'État : une Société civile est prête à se constituer et à exécuter tous les travaux à ses frais, sans subvention, à condition qu'on lui concède pendant 99 ans la partie du lit mise à sec par les travaux, ainsi que la surface du domaine public nécessaire à certaines constructions. Cette société serait autorisée à percevoir pendant la même période certains droits, un droit maximum de 2 francs par tonneau de jauge sur les navires de mer ayant un tirant d'eau de plus de trois mètres, tant à la montée qu'à la descente, à destination de Paris, avec droit kilométrique proportionnel pour les distances intermédiaires ; elle serait en outre autorisée à toucher un droit de pilotage de 25 centimes par tonneau, et des droits de quai variant de 50 centimes à 2 francs.

La question de dépense est, quoi qu'on dise, un gros problème. C'est une société, dit-on, qui s'en chargera, et il ne faut pas s'inquiéter à cet égard. Je trouve au contraire qu'on doit se montrer inquiet des conséquences que pourrait avoir la formation du *consortium* de banquiers et d'industriels qui proposent de prendre en main l'exécution du travail. Il est permis de redouter les spéculations qui se feraient certainement sur les terrains avoisinant le canal. Il est permis de voir avec inquiétude le déplacement du mouvement d'affaires qui

se produirait et la nouvelle attraction qui serait exercée sur la province qui se dépeuple déjà trop. S'il s'agissait d'une entreprise vraiment privée, ne demandant pas à l'État de lui confier pour 99 ans une partie du domaine national, on pourrait encore laisser faire, mais puisque le consentement de la puissance publique doit intervenir, on doit lui demander de ne pas autoriser le gaspillage de plusieurs centaines de millions qui seront demandés à l'épargne nationale. Et si par hasard l'entreprise réussissait mal, il faudrait sans doute que l'État vienne en aide à ceux qui en seraient victimes. Il serait amené soit à défendre l'épargne française, soit à assurer à tout prix l'achèvement des travaux nécessaires à l'exploitation du canal maritime.

Ce beau projet n'est certainement pas irréalisable, les ingénieurs distingués qui l'ont étudié sont unanimes à penser que son exécution ne se heurte pas à des obstacles insurmontables. Mais cela ne peut suffire et, lorsqu'on examine la question dans son ensemble, lorsqu'on se demande sans parti pris quels pourraient être les résultats de cette gigantesque tentative, on est vite amené à reconnaître que l'argumentation sur laquelle on s'appuie est extrêmement fragile.

Il convient d'abord de remarquer que le projet en question n'a qu'une lointaine parenté avec les travaux qui seraient véritablement utiles pour défendre la région parisienne contre une inondation. On a cherché à faire naître une confusion pour profiter de l'émotion que les récents désastres ont soulevée. Il y a sans doute d'importants travaux à effectuer pour prévenir le retour de nouveaux malheurs, mais c'est un problème qui doit être résolu indépendamment du canal projeté : celui-ci n'aurait pas au point de vue inondation l'effet désiré. Il devrait être de toute façon complété par un canal de dérivation de la Marne entre Annet et Epinay, canal

qui entraînerait une nouvelle dépense de plus de 100 millions, peut-être 200 millions, mais qui aurait aussi, au point de vue économique, une réelle utilité pour la région qui s'étend au Nord et au Nord-Est de la Capitale.

Le projet de Paris port de mer n'a vraiment de raison d'être, dans les dimensions colossales qu'on veut lui donner, que s'il doit développer dans notre pays une activité économique en rapport avec les énormes dépenses auxquelles on serait entraîné.

Peut-on d'abord espérer que Paris prenne jamais, au point de vue maritime, une importance comparable à celle de Londres, d'Anvers, de Rotterdam ou de Hambourg ? Je n'hésite pas à répondre négativement. Paris n'a pas, n'aura jamais un hinterland industriel comparable à celui des ports que je viens de citer. Les régions auxquelles ces ports servent de débouchés ont toutes une activité industrielle beaucoup plus considérable que la Normandie ou l'île de France, que la Champagne ou que la Bourgogne.

Qu'on ne vienne pas dire que la vallée de la Seine pourrait concurrencer celle du Rhin pour le transport d'un grand nombre de marchandises à destination de l'Europe Centrale ou de la Suisse. Est-il vraiment possible de soutenir que les canaux à multiples écluses par lesquels on peut, depuis Paris, rejoindre Strasbourg ou Bâle, permettraient de lutter avec succès contre la navigation qui se fait actuellement sur le cours du Rhin dans des conditions de bon marché extraordinaires ? Peut-on supposer que Paris puisse supplanter Londres ou Anvers où le fret est si favorable ?

On nous dit que les ports du Havre et de Rouen sont insuffisants. C'est possible, mais l'étude du développement de ces ports permet du moins d'utiles constatations. La plus grande partie des marchandises que reçoit actuellement le Havre sont des marchandises qui ont une grande valeur sous un faible poids. La

moyenne de la tonne importée au Havre est de 750 francs et la plus grande partie des marchandises qui arrivent dans ce port n'y viennent que par petits lots et le plus souvent sur des bateaux appartenant à des compagnies étrangères qui en passant déposent quelques tonnes. On doit se demander si ces bateaux remonteront jusqu'à Clichy au lieu de s'arrêter au Havre. Il est au moins permis d'en douter, car leur temps est précieux, l'escale qu'ils font au Havre est aussi courte que possible.

Il faut ensuite se demander si, en supposant qu'ils soient disposés à faire ce trajet supplémentaire de plus de 360 kilomètres (aller et retour), la chose sera possible. Les promoteurs du projet sont bien obligés de reconnaître que la plupart des grands bâtiments qui arrivent au Havre ne pourront jamais venir à Paris, la longueur maximum de ceux qu'on peut espérer faire naviguer sur la Seine ne pouvant guère dépasser une centaine de mètres, en raison surtout des courbes du fleuve dont quelques-unes n'ont pas plus de 1500 mètres de rayon. Or il n'y a presque plus de navires pratiquant la grande navigation qui restent en deçà du chiffre de 100 mètres. Sur les 65 bâtiments que possède la compagnie des Messageries Maritimes, il y en a 11 seulement qui sont d'une dimension inférieure, et ce sont pour la plupart des stationnaires employés aux services locaux. Partout on s'oriente vers les grands navires et les gros tonnages. Comme le disait il y a quelques semaines M. André Lebon à la Fédération des industriels et des commerçants, plus on va plus les navires changent d'utilisation. Le cas de bateaux à chargement uniforme et complet, celui par exemple du charbonnier de Cardiff qui revient avec des céréales ou du coton, est de plus en plus rare. Les grands bateaux prennent maintenant de la marchandise générale : ici 2 ou 300 tonnes d'une marchandise, là 2 ou 300 tonnes d'une

autre, chacun de ces lots étant destiné à des importateurs différents. La conséquence, c'est qu'il faut de toute nécessité se résigner à des transbordements.

Ces transbordements où se font-ils aujourd'hui et dans quelles conditions ? La plupart s'effectuent dans le port de Rouen, un port très différent de celui du Havre, et qui est bien plus que ce dernier le véritable port de Paris. Rouen est situé au point où, à cause des barrages, la navigation maritime cesse pour être remplacée par une navigation fluviale s'effectuant au moyen de chalands. Cette navigation fluviale est très intense, car la Seine transporte 77 pour cent des marchandises qui vont de Rouen à Paris, c'est même là une des raisons pour lesquelles la Compagnie de l'Ouest ne s'est jamais beaucoup intéressée au développement du port de Rouen qui alimente en effet la batellerie infiniment plus que la voie ferrée. Rouen est devenu peu à peu le deuxième port de France, immédiatement après Marseille, au point de vue du poids des marchandises manutentionnées, et son port est fort bien organisé au point de vue des manutentions nécessaires à la jonction entre le port fluvial et le port maritime.

Le port maritime possède un très bel outillage, une cinquantaine de grues hydrauliques, la plupart mobiles sur rails, un grand nombre de pontons-grues à vapeur, qui peuvent être utilisés sur tous les points du port, soit pour la mise à quai ou sur wagons, soit pour le transbordement des marchandises entre les navires de mer et les chalands et *vice versa*. Le déchargement se fait rapidement, les quais sont éclairés à l'électricité de façon qu'on puisse au besoin travailler de nuit.

On trouve aussi à Rouen de beaux hangars dont la superficie totale dépasse douze mille mètres carrés, et sur les deux rives il y a des magasins jouissant du bénéfice de l'entrepôt réel en douane.

Dans l'état actuel des choses, Rouen voit surtout

arriver dans son port des matières pondéreuses ayant une faible valeur sous un gros poids, la houille, le bois, les vins d'Algérie, de Tunisie, d'Espagne, le pétrole brut, etc. ; ce sont ces quatre catégories de marchandises qui donnent le plus fort tonnage ; viennent ensuite les grains (orge, avoine, blé). Ces diverses marchandises ont amené au port de Rouen l'année dernière une importation de 3 700 000 tonnes.

Sur ce chiffre 2 638 103 tonnes ont remonté la Seine ; 277 292 tonnes ont été déposées par les chalands entre Rouen et Argenteuil ; 716 253 ont dépassé Paris. C'est donc en définitive 1 644 558 tonnes qui ont été transportées de Rouen à Paris et qui d'ailleurs n'ont pas été déposées en un point unique (c'est une considération sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure), mais sur un long parcours, à Neuilly, à Puteaux, à Bercy, à Aubervilliers, à Pantin.

Avec le projet de Paris port de mer on supprimera une partie des transbordements qui se font à Rouen, mais pour arriver à quel résultat ? On abrégera, dit-on, de 5 heures le trajet actuel de Rouen à Paris. Encore n'est-ce pas certain, car on ne fait pas entrer en ligne de compte dans le calcul la difficulté qu'il y aura à naviguer par les temps de gelée et de brouillard, et on suppose que la navigation se fera également la nuit, ce qui nécessitera un éclairage du fleuve très puissant et très dispendieux.

Admettons néanmoins que le transbordement puisse être évité pour certaines marchandises. Quels sont les chargements qui bénéficieront de cette économie ? Ce sont presque exclusivement des chargements complets, en houille, farines, grains, phosphates. Or il est établi que les frais de transbordement de ces divers objets ne sont aujourd'hui que de 10 centimes en moyenne par tonne ; ils descendent quelquefois à 20 ou 25 centimes. En ajoutant aux frais de manutention les frais

de consigne, on peut dire que la dépense supplémentaire totale pour les marchandises remontant la Seine à destination de Paris est à peu près de 65 à 70 centimes par tonne. Et cette dépense, qui n'est pas énorme, pourrait être encore réduite par l'emploi d'une méthode très pratique dont on se sert plus en Allemagne que chez nous, la méthode des chalands remorqués. Les Allemands, dont on cite volontiers l'exemple, font un très grand usage de ces chalands, ils ne songent nullement à faire remonter les navires de mer jusqu'à Duisbourg, Dusseldorf et Cologne; ce sont des chalands qui assurent l'énorme trafic qui existe entre ces points et Rotterdam.

Aussi bien les transbordements qui se font actuellement à Rouen ne seront pas complètement évités. Il faudra les faire à Clichy et il est probable qu'ils seront effectués dans ce nouveau port, où la main-d'œuvre sera plus chère qu'elle ne l'est à Rouen, dans de médiocres conditions. Il faut aussi remarquer que le fret d'un chaland sera proportionnellement plus considérable de Clichy à Bercy, que de Rouen à Bercy ; tandis que les frais de transport par batellerie de Rouen au port de Tolbiac ne dépassent guère 4 francs par tonne, on peut certifier que pour le court trajet de Clichy à Tolbiac un chaland ne demandera certainement pas moins de 1 fr. 25 à ajouter aux redevances dont nous avons précédemment parlé. Et ces redevances seront plus élevées qu'on ne croit. Il suffit pour s'en convaincre de se mettre en face d'une question qu'on ne peut passer sous silence, la question du fret de retour. Les navires qui viendront à Clichy y trouveront-ils le fret qui leur est nécessaire ? Que pourra fournir la région parisienne aux bateaux qui remonteront la Seine ? Il ne faut pas oublier que la plus grande partie du fret de sortie pour tous les navires de haute mer doit être nécessairement constituée par des matières lourdes, matières premières

ou produits fabriqués. En fait de matières premières, Paris n'a presque rien à donner. En fait de produits fabriqués, Paris, en dépit de l'activité que pourraient avoir les quelques usines qui se créeraient autour de Clichy, ne fournirait guère plus aisément que Rouen aux navires de mer qui viendront jusque là le fret qui leur est indispensable. Or, le port de Rouen, qui reçoit 3 700 000 tonnes de marchandises, ne peut en fournir que 350 000 aux navires qui apportent cette grosse cargaison. Paris ne fera guère mieux.

Paris ne sera jamais, au point de vue maritime, un gros marché d'exportation. Ce qui fait le tonnage des navires de mer, ce ne sont ni les articles de luxe, ni la joaillerie des bijoutiers de la rue de la Paix, ni les chapeaux de nos modistes, ni les costumes élégants de nos grands couturiers ; ce qui fait le tonnage, c'est le charbon, le blé, les grosses machines. Or nous ne produisons ni assez de blé, ni assez de charbon pour notre consommation, et quant aux machines on ne peut supposer que les produits de la métallurgie de l'Est viendront à Paris pour s'y embarquer.

Où vont ces produits dont nous exportons encore une notable quantité ? Ils se dirigent vers des pays lointains, vers l'Indo-Chine, vers l'Extrême-Orient, ou vers des contrées que desservent des navires qui ont tous plus de 100 mètres de long, qui par suite ne viendront jamais jusque dans le port de Clichy. Il faudra donc que les navires de mer qu'on espère attirer augmentent leur fret d'aller de la dépense que comportera le trajet de retour de Paris à Rouen.

La Compagnie des Messageries Maritimes a calculé que dans ces conditions on ne demanderait pas pour le transport des marchandises de Rouen à Paris moins de 3 francs 56 par tonne. On a fait un autre calcul : un navire de 3000 tonnes, ayant un tirant d'eau de 6 m., mettra au moins cinq jours, aller et retour, de Rouen

à Clichy. Or un semblable bâtiment coûte 7 à 800 fr. par jour, ce qui correspond à une dépense de 1 fr. 25 par tonne. La dépense nécessitée par le transport de Clichy aux divers emplacements du port de Paris sera bien à peu près aussi élevée. Si à ces 2 fr. 50 nous ajoutons les droits que percevra la Compagnie qui veut faire le canal maritime, conformément à l'autorisation qui lui aura été accordée, nous arrivons facilement à un total de 5 francs la tonne, alors qu'aujourd'hui les prix demandés par la batellerie de Rouen à Paris ne dépassent guère 3 francs.

C'est d'ailleurs surtout à la descente que la navigation dans le canal maritime sera dangereuse. Le bateau ne peut gouverner qu'en raison de l'excès de vitesse qu'il possède sur l'eau qui le porte ; or le courant de la Seine atteint fréquemment, en temps de crue, 6 ou 7 kilomètres à l'heure, on pense qu'il sera parfois de 9 dans la coupure de Tourville. En admettant simplement une vitesse totale de 12 à 15 kilomètres, on peut conclure que la descente de la Seine sera très périlleuse pour les navires d'une centaine de mètres de longueur, car il ne faut pas oublier qu'il y a des courbes de 1500 mètres de rayon dont le développement atteint parfois la valeur d'une demi-circonférence ; c'est donc un véritable tour de force qu'on leur demandera.

Il faut ajouter que les aires de vent changeront à chaque instant en raison des méandres du fleuve, ce qui rendra la descente dangereuse en temps de crue. Les bateaux moins chargés offriront le maximum de prise au vent ; à chaque sinuosité du fleuve le bateau recevra le vent tantôt sur un bord, tantôt sur l'autre ; on peut affirmer que, dans ces conditions, les croisements en route seront extrêmement difficiles, les traversées de nuit seront le plus souvent impraticables.

On insiste et on dit : si nous ne devons pas espérer voir arriver à Clichy beaucoup de navires de 100 mètres de long, c'est-à-dire de 3500 ou 4000 tonnes, Paris recevra sans doute un nombre considérable de navires de 2 à 3000 tonnes, c'est-à-dire de navires ayant une longueur maximum de 60, 70, 80 mètres. C'est possible. Mais il ne faut pas oublier que le chargement sur des navires de cette dimension est bien plus dispendieux que sur les navires de plus grande taille. Les frais d'exploitation commerciale d'un navire sont en raison inverse de l'accroissement de son tonnage ; les navires de 2 à 3000 tonnes tendent précisément à disparaître et il y a un adage en matière maritime : « On ne construit pas les navires pour les ports, mais on aménage les ports pour les navires ».

Or, dans quelques années, aux navires actuels de 2 à 3000 tonnes se substitueront des navires de 5, 6, et même 7000 tonnes. Et ces navires, par la force des choses, ne pourront pas venir à Paris.

Que le transport sur ces bâtiments soit plus économique que sur ceux de dimensions moindres, c'est un fait incontestable : un navire de 2500 à 3000 tonnes, amenant en France des phosphates d'Algérie ou de Tunisie, ne demande pas moins de 11 francs de fret pour venir de Tunis ou d'Alger à Rouen ; admettons que pour le trajet supplémentaire de Rouen à Paris le supplément de fret ne dépasse pas 2 fr. 50, c'est un total de 13 fr. 50 au-dessous duquel on ne pourra pas descendre ; or si ces phosphates sont amenés par des vapeurs de 7 ou 8000 tonnes, le fret d'Alger à Rouen peut s'abaisser à 7 francs la tonne, les frais de transbordement, au besoin les frais de consigne, et les frais de transport à Paris sur les chalands ne constituent pas un supplément de plus de 4 francs. Cela fait un total de 11 francs au lieu de 13 fr. 50.

L'étude de cette question laisse l'impression que

le chaland sera toujours un instrument de transport plus économique que le navire de mer, en raison du coût de la construction, de la composition de l'équipage, de la facilité des manipulations et du déchargement. Un navire de mer de 3 à 4000 tonnes ne coûte pas moins de 600 000 fr. et comporte un état-major coûteux. Trois chalands de 1000 tonnes chacun ont une valeur maximum de 200 000 fr. et ne comportent que 10 à 12 mariniers.

Il faut remarquer aussi que beaucoup d'industriels de la région parisienne ne désirent pas recevoir plus de 3 à 400 tonnes de houille à la fois. La péniche qui les apporte peut servir pendant quelques jours de magasin flottant au tarif de 8 à 10 francs par jour. Cela évite des frais de manutention, et permettra de satisfaire commodément la clientèle pendant un certain temps. Un vapeur de 3 à 4000 tonnes sera infiniment moins pratique. On ne voit vraiment pas comment le projet de Paris port de mer aidera dans ces conditions à réaliser la moindre économie.

On dit encore : « Mais vous ne savez pas au juste ce qui se passera, la fonction économique du port de Paris sera si profondément modifiée que notre marché parisien prendra une importance insoupçonnée et pourra rivaliser avec des places comme celle de Londres ou d'Anvers ». C'est une erreur ! Londres est un foyer commercial très intense en raison surtout de l'importance qu'y a prise le marché financier. Londres est le plus grand marché monétaire du monde. Il est plus facile de « tirer » sur Londres et de régler des paiements sur cette place que sur toute autre. La livre sterling a pris dans les relations internationales une prépondérance marquée. Les négociants du monde entier trouvent plus avantageux de traiter avec cette ville qu'avec toute autre. Londres est la ville où les produits de toute espèce, en quantité quelconque, peuvent

être envoyés avec la certitude que cet envoi ne sera jamais la cause d'un préjudice notable. Et l'argent y est moins cher que partout ailleurs. Cela assure à cette ville une situation qu'il est impossible de lui enlever.

On cite l'exemple de Bruxelles ; mais la comparaison n'est vraiment pas possible. Bruxelles n'est qu'à une cinquantaine de kilomètres de l'Escaut, il en est séparé par une région plate qui n'a pas d'accidents de terrain. Le canal qu'on va faire est un canal presque rectiligne. La construction ne se heurtera à aucune des difficultés inhérentes au projet que nous discutons ; et surtout le canal sera court, de sorte que les frais de transbordement actuel à Anvers pourront être considérablement diminués.

Le canal qui présenterait le plus d'analogie avec celui de Paris est le canal de Manchester, qui n'a d'ailleurs que 57 kilomètres de long ; sa largeur moyenne est de 36 mètres ; sa profondeur a été portée jusqu'à $8^{m},53$, ce qui permet à des navires de 7 ou 8000 tonnes de s'y engager. Or, ce canal a nécessité la construction de 5 grosses écluses qui rachètent une différence de niveau de 18 mètres. Il a entraîné une dépense de 400 millions, double de celle qui avait été primitivement prévue ; à ce taux le projet de Paris port de mer coûterait près d'un milliard ; et les résultats du canal de Manchester ne sont rien moins que brillants : on a été obligé de faire accompagner par deux remorqueurs, l'un à l'avant et l'autre à l'arrière, tous les bateaux jaugeant plus de mille tonnes, sans cette précaution des échouages étaient inévitables ; combien ils seraient plus fréquents sur la Seine avec les énormes méandres de ce fleuve !

Il convient de faire encore une remarque. La vallée de la Seine est actuellement organisée au point de vue industriel de telle sorte qu'il y a aujourd'hui beau-

coup de transports entre les deux rives du fleuve ; en d'autres termes, le transport de la rive droite à la rive gauche a pris une importance considérable. Le jour où la Seine sera transformée en chenal maritime, l'organisation actuelle de la vie industrielle sera considérablement entravée. On construira, dit-on, des ponts tournants. Mais les ponts tournants, tout le monde le sait, sont une gêne et une cause de retard pour la navigation. Ils provoquent en outre des accidents nombreux, c'est même la raison majeure pour laquelle, en 1896, le projet Bouquet de la Grye fut repoussé. Un pont tournant doit être ouvert ou fermé. S'il est ouvert, ce sont les intérêts des riverains comme ceux des voyageurs ou des piétons et des charretiers de toute espèce qui sont sacrifiés. S'il est fermé, il faut qu'il s'ouvre pour laisser passer les bateaux. Et que de manœuvres seront alors nécessaires ! Les partisans du projet nous disent qu'on peut compter pour le port de Paris sur un trafic de 9 millions de tonnes. A supposer que ces 9 millions de tonnes soient amenées par des bâtiments jaugeant 3000 tonnes en moyenne, ce qui paraît bien élevé, cela correspond à un total de 6200 navires. Pour les onze ponts tournants qu'il sera nécessaire de construire cela ne fera pas moins de 135000 manœuvres ; combien d'accidents ces manœuvres occasionneront-elles ! Il est permis de se le demander, il est permis de croire aussi qu'au moment des crues elles deviendront particulièrement difficiles. Le trajet de Rouen à Paris constituera certainement l'une des navigations les plus périlleuses du monde.

On a fait une autre remarque : la création d'un grand port à Clichy, dans la banlieue de la capitale, n'aurait certainement pas, pour les industriels et les commerçants parisiens, autant d'utilité qu'on se l'imagine.

Le port de Paris, avec les canaux qui y aboutissent, s'étend actuellement sur une longueur de plus de 45 kilo-

mètres; la concentration qui se produirait à Clichy amènerait nécessairement une transformation des habitudes actuelles. Il n'y a pas, à proprement parler, de port de Paris : c'est le trafic sur les quais qui s'étendent le long de la Seine de Choisy-le-Roi à Colombes et Nanterre, sur la Marne de Nogent à Charenton, sur les canaux de St-Martin, de St-Denis, de l'Ourcq et sur le bassin de la Villette (et tous ces quais ont une longueur totale de près de 200 kilomètres), qui est qualifié de « tonnage du port de Paris ». Ce sont ces 200 kilomètres de quais qui ont reçu en 1909 un total de 9 130 724 tonnes de marchandises. La répartition se fait à l'aide de chalands ; les navires qu'on veut faire venir à Clichy la feront-ils aussi bien ? Évidemment non ; les calculs auxquels il est facile de se livrer sur le transport des houilles, des grains, des bois par chalands entre Rouen et Paris, permettent d'affirmer que pour la plupart des usines, fabriques, ateliers, la création du port de Clichy n'aurait aucune utilité. L'effort de concentration qui se produirait à Clichy, en amenant une grande perturbation dans la vie économique de la capitale, aurait autant d'inconvénients que d'avantages.

Il faut faire une dernière observation : la transformation de la Seine par les quatre énormes écluses dont j'ai parlé changerait inévitablement le régime des eaux qui est, en somme, bien réglé et favorable à l'agriculture. La construction d'un canal maritime nuirait à certains terrains, leur ferait perdre beaucoup de leur valeur. A l'aval de l'écluse de Méricourt, le plan d'eau, qui est actuellement à $13^{m},43$ au-dessus de la Manche, ne serait plus qu'à $9^{m},22$. Cet abaissement de $4^{m},20$ transformerait en terrains plus ou moins secs des prairies magnifiques qui font la fortune de cette région. A l'aval de l'écluse de Poses l'abaissement du niveau serait de $2^{m},50$! On peut même se demander si ces chan-

gements n'auraient pas au point de vue hygiénique de graves conséquences !

Ce n'est pas à dire qu'il n'y ait rien à faire, en dehors même de la construction, décidée en principe, d'une seconde voie ferrée qui rendra de grands services. Oui, il faut améliorer notre navigation intérieure et le cours de la Seine comporte beaucoup d'améliorations. La Seine n'est pas un instrument aussi admirable qu'on le dit quelquefois. Elle exige des travaux continuels, les eaux déterminent des ensablements, les dragages donnent des résultats médiocres, parfois déconcertants. Ils comportent de grosses dépenses. Mais avec une centaine de millions on pourrait creuser le chenal actuel de la Seine en amont de Rouen, de façon à lui donner une profondeur de $4^{m},50$ au moins et d'y permettre la navigation à des chalands de 2000 tonnes. La navigation pourrait continuer de cette façon plus longtemps au moment des sécheresses, elle ne serait interrompue que par des inondations vraiment extraordinaires, comme il s'en produit une ou deux fois tous les cent ans. Il y aurait également des changements à faire subir à deux ou trois ponts. Ainsi, après la crue de l'hiver dernier, la navigation aurait pu être reprise beaucoup plus tôt si quelques ponts, bien connus des mariniers, avaient subi les modifications regardées comme nécessaires depuis longtemps. Il faudrait aussi régulariser deux ou trois courbes, et le port actuel de Paris comporterait, lui aussi, de grands travaux. Entre Paris et Montereau où aboutit le canal de Bourgogne, il y a aussi quelques travaux utiles à entreprendre.

C'est dans le sens de ces améliorations modestes, mais vraiment pratiques, que l'opinion publique, un moment grisée par ces mots pompeux « Paris port de mer », s'oriente maintenant. Parmi les 212 députés qui avaient contresigné le projet que nous venons de com-

battre, plusieurs ont déjà déclaré qu'ils n'avaient pas suffisamment étudié la question et ne sont plus disposés à émettre un vote favorable. Dans les milieux industriels et commerçants l'opposition est très vive ; elle s'accentue de jour en jour chez ceux qui sincèrement, sans parti pris, étudient les meilleurs moyens d'accroître l'activité économique de la France, et se demandent où est l'intérêt véritable de leur pays.

GEORGES BLONDEL.

VARIÉTÉS

I

L'ÉTAT ACTUEL DE LA THÉORIE DES MARÉES D'APRÈS H. POINCARÉ (1)

Le Cours de Mécanique céleste qu'avec tant d'éclat M. Poincaré professe à la Sorbonne présente cette originalité que la matière en est renouvelée d'année en année. L'étude mathématique des phénomènes dont notre monde solaire est le siège offre un champ pour ainsi dire illimité aux applications de l'analyse, champ hérissé de difficultés, où se complaît l'illustre géomètre français. Ce sont les fruits de ses profondes investigations qu'il livre, en quelque sorte, au fur et à mesure de leur éclosion, à ses auditeurs de la Sorbonne, et qui — parfois avec la collaboration de l'un d'eux, pour la rédaction, comme c'est ici le cas — prennent ensuite la forme d'un volume.

Ce beau et difficile problème de la théorie des marées devait tout particulièrement tenter le grand analyste, qui ne pouvait manquer d'en renouveler la face. L'excellent exposé que nous en devons à M. Fichot va permettre, à tous ceux qui n'ont pas eu le privilège de suivre les leçons mêmes de M. Poincaré, de se nourrir de leur substance.

L'ouvrage comprend cinq parties :

1° Théorie générale des marées ;

2° Méthodes pratiques de prédiction des marées ; analyse harmonique ; théorie de Laplace ;

(1) *Leçons de Mécanique céleste*, professées à la Sorbonne par H. Poincaré. Tome III : Théorie des marées, rédigée par E. Fichot, ingénieur hydrographe de la marine. Un vol. in-8° de 472 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

3° Résumé et synthèse des observations, et comparaison de ces observations avec la théorie ;

4° Étude des marées fluviales et, accessoirement, des marées locales dans tous les cas où la profondeur est trop faible pour qu'on puisse négliger les variations de profondeur dues à la marée elle-même, ainsi que le frottement ;

5° Examen de diverses questions subsidiaires ; marées du noyau interne, de la croûte terrestre ; influence des marées sur la rotation et le mouvement des corps célestes.

Se réservant de revenir sur cette cinquième partie dans la suite de ses Leçons, M. Poincaré, qui se borne, au reste, en ce qui concerne la deuxième et la quatrième, traitées à part dans de nombreux ouvrages spéciaux, à ce qui est vraiment essentiel, s'est principalement attaché ici à développer la première et la troisième qu'il lui a été donné de présenter sous un jour nouveau grâce à l'utilisation, d'une part, des progrès considérables apportés à la théorie des équations de la Physique mathématique par la méthode de Fredholm, d'autre part, des observations sur les marées, faites récemment en Amérique, par lesquelles la physionomie d'ensemble des données expérimentales relatives au phénomène a été profondément modifiée.

Nous essaierons, dans les pages qui suivent, de mettre, autant qu'il sera en notre pouvoir, en pleine lumière les plus essentiels des importants résultats auxquels l'illustre géomètre français a été conduit par ses profondes recherches.

La première partie, de beaucoup la plus développée, constitue une introduction théorique où l'auteur expose en détail tous les principes sur lesquels il va s'appuyer par la suite pour faire une pénétrante critique des théories proposées jusqu'ici en vue de donner une explication d'ensemble du phénomène si complexe des marées.

Dès le début, le problème est attaqué dans sa plus grande généralité par l'étude des petites oscillations d'un système mécanique formé par un nombre quelconque de points discrets possédant un nombre fini de degrés de liberté ; toutefois, les hypothèses faites ont été choisies de façon à se rapprocher le plus possible des conditions auxquelles se trouvent assujetties les mers du globe.

Après avoir nettement distingué les oscillations propres des oscillations contraintes d'un pareil système, l'auteur montre que la détermination des oscillations propres se ramène à la résolu-

tion d'une équation en λ dont le degré est double du nombre des paramètres à variation lente qui définissent la position du système par rapport aux axes mobiles.

Dans le cas général, les différents points du système oscillant se trouvent, à un instant donné, dans des phases différentes ; toutefois les oscillations de tous les points ont même phase si on considère que les oscillations s'effectuent autour d'une position d'équilibre absolu.

Les valeurs des racines de l'équation en λ caractérisent les périodes des différentes oscillations propres.

Quant aux oscillations contraintes, elles ont même période que la force perturbatrice, mais chacune de ces oscillations est caractérisée par le fait que les rapports des amplitudes et les différences de phases des divers points du système sont les mêmes que pour une des oscillations propres dont ce système est susceptible : il n'y a que la période qui diffère. De là, une conséquence de la plus haute importance : si une des composantes de la force perturbatrice a même période que l'une des oscillations propres du système, cette oscillation prendra naissance à l'exclusion des autres. C'est le phénomène de *résonance*, dont le rôle est capital dans l'explication des marées océaniques. On a raisonné jusqu'ici comme si l'équilibre était nécessairement stable, hypothèse qui entraîne, pour l'équation en λ, l'obligation de n'avoir que des racines purement imaginaires. Il est inutile d'envisager une autre hypothèse car, en ce qui concerne les marées, la stabilité de l'équilibre résulte nécessairement de ce que l'expression de l'énergie d'une oscillation se compose de deux parties qui sont toujours, l'une et l'autre, des formes quadratiques *positives*.

L'auteur fait voir alors comment la détermination des périodes peut se ramener à la recherche des minima successifs du rapport de deux formes quadratiques qu'il apprend à former. Mais l'équation aux périodes pourrait avoir des racines multiples, et l'on est en droit de se demander si, dans ce cas, la stabilité de l'équilibre serait rompue ; la réponse est négative car la constitution mécanique du système étudié n'admet que des solutions où le temps ne figure qu'en exponentielle ; seulement, le système sera susceptible de prendre un nombre pair d'oscillations de même période, mais néanmoins distinctes, car, dans chacune d'elles, les rapports des amplitudes et les différences des phases ne seront pas les mêmes. La possibilité de les combiner linéairement amène à restreindre le sens attribué jusqu'ici au mot « oscillation harmonique » ; l'utilité de cette restriction apparaît

à propos de la non-existence des lignes cotidales dans les oscillations propres harmoniques (quand on néglige la force centrifuge composée).

Un cas particulièrement intéressant, parce qu'il intervient à propos des mers, est celui où l'équation aux périodes admet des racines nulles. Le temps peut alors s'introduire en dehors des exponentielles, mais au premier degré seulement, dans l'expression des oscillations, ce qui revient à dire que certaines marées peuvent se traduire par une déformation constante de la surface extérieure et l'existence de courants permanents qui n'altèrent pas cette surface ; tel est précisément le cas des marées statiques dites de la *seconde sorte*, dont la possibilité n'avait pas été envisagée par Laplace, et qui sont caractérisées par la nullité simultanée de certaines constantes désignées par M. Poincaré sous le nom de *moments du système*.

En réalité, parmi les forces perturbatrices productrices des marées, il n'en est pas qui soient rigoureusement constantes, mais certaines d'entre elles ont des périodes très longues. Il importe donc de se demander si les marées qu'elles produiront se rapprocheront d'une marée statique de la première ou de la seconde sorte ; tout dépend du frottement ou, plus exactement du rapport entre la durée de la période et le temps nécessaire pour que l'influence de ce frottement puisse s'exercer. C'est là une notion capitale introduite par M. Hough, sur les travaux de qui nous reviendrons plus loin.

A la suite de cet exposé de principes généraux, qui occupe tout le Chapitre I, M. Poincaré aborde, dans le Chapitre II, l'étude des marées océaniques. Tout d'abord, il donne l'expression, en fonctions sphériques, des formes quadratiques constituant l'énergie, puis le développement harmonique du potentiel perturbateur, d'où résulte immédiatement la classification des différentes marées.

Le Chapitre III est consacré à l'étude des marées à longue période, abstraction faite du frottement : c'est la théorie classique. Il convient d'y signaler l'extension qui en est faite au cas où intervient l'influence des continents ; et, à ce propos, l'auteur montre comment l'observation des marées à longue période sur notre globe eût permis, en dehors de toute exploration directe, d'établir l'existence du continent antarctique, remarque, au reste, bien connue.

M. Poincaré procède ensuite, par une série de cas de plus en plus compliqués, à l'étude complète des marées dynamiques,

pour lesquelles tout dérive des équations de l'Hydrodynamique, de l'équation de continuité et des conditions aux limites (surface libre et parois). Chaque problème particulier revient à la détermination d'une certaine fonction φ définie par une équation différentielle et qui doit satisfaire aux conditions aux limites.

Parmi les cas particuliers envisagés au début, celui d'un bassin rectangulaire partagé en deux biefs conduit à ce résultat que l'amplitude est plus grande dans le bief le moins profond.

L'équation des lignes cotidales montre qu'il ne peut exister à la surface d'un liquide oscillant dans un vase non tournant que des lignes nodales séparant des plages pour chacune desquelles la marée, inversée de part et d'autre de ces lignes, est la même. Il y a toutefois exception pour les oscillations propres non strictement harmoniques.

En cas de résonance, l'oscillation contrainte, qui, elle, possède en général des lignes cotidales, tendra vers la distribution en plages de l'oscillation propre : ce principe est la base de l'explication des ondes stationnaires dans les bassins des systèmes océaniques.

Lorsqu'il s'agit d'un liquide recouvrant une sphère, dont l'étude est abordée au Chapitre V, l'artifice élégant de la représentation conforme sur un plan permet d'obtenir, sous une forme plus simple, l'équation différentielle fondamentale. La méthode générale d'intégration due à Fredholm fournira, par la suite, le moyen de tirer un grand parti de cette transformation.

Si l'on tient compte de la rotation, ainsi que le fait l'auteur dans le Chapitre VI, les composantes du déplacement de chaque molécule ne sont plus, comme précédemment, les dérivées partielles de la fonction φ. Il en résulte que les oscillations propres elles-mêmes présenteront des lignes cotidales. Une onde plane normale à l'axe d'un canal de profondeur constante se propagera toujours dans le sens de cet axe avec la vitesse $\sqrt{gh}$, mais l'amplitude de l'onde sera plus forte sur une rive que sur l'autre, conséquence qui est d'une application fréquente dans l'explication des marées de certaines mers étroites (Manche, mer du Nord, etc.). De plus, si le canal est limité par une paroi, la réflexion de l'onde ne peut plus être régulière.

Dans le cas général d'un liquide recouvrant une sphère tournante, qui est abordé au Chapitre VII, les équations du problème sont données sous deux formes différentes dont l'une, que l'on retrouve dans l'intégration par la méthode de Fredholm, ne contient aucun coefficient susceptible de devenir infini. D'une

manière extrêmement simple, les célèbres théorèmes de Laplace sont déduits de ces équations. Les commentaires qui suivent le théorème relatif au non décalage de la marée, dans le cas d'une profondeur uniquement fonction de la latitude, méritent une attention particulière. Le décalage est le cas général et il est parfaitement inutile de faire intervenir le frottement pour l'expliquer. Airy, et d'autres après lui, sont tombés dans cette erreur, et on peut se demander si Laplace lui-même a bien saisi toute la portée de son théorème ; en tout cas, pas un mot de sa *Mécanique céleste* ne le fait penser.

En s'inspirant directement de la méthode suivie par Laplace, M. Hough a poussé beaucoup plus loin l'étude de l'équation fondamentale. Il convient de retenir de ses importantes recherches deux résultats tout à fait nouveaux :

1° Les oscillations propres d'un liquide recouvrant une sphère attirante et tournante peuvent se répartir en deux classes qui se distingueront par les valeurs limites des périodes lorsque la vitesse de rotation tend vers zéro. Les mouvements correspondant à la seconde classe cesseraient d'être oscillatoires et se réduiraient à des mouvements permanents si la rotation s'annulait.

2° Le rapport de la surélévation produite par une oscillation contrainte à celle qui résulterait de la simple application de la théorie statique ne tend pas vers l'unité lorsque la période croît indéfiniment. Par suite, les marées à longue période, contrairement à l'opinion admise depuis Newton et Laplace, doivent se calculer comme des marées statiques de la seconde sorte.

Sous la surface libre déformée régneront donc des courants continus, et il est intéressant de noter que les lignes de courants ne sont autres que les lignes d'égale profondeur comptée parallèlement à l'axe de rotation, ces lignes de molécules se déplaçant d'ailleurs en bloc. Une carte hydrographique complète devrait donc permettre de tracer ces lignes de courants. Si les résultats obtenus ainsi ne semblent pas d'accord avec l'observation, cela tient à l'extrême faiblesse des courants produits par la marée statique et on ne peut en tirer une objection contre la conclusion de M. Hough.

Mais n'y a-t-il pas là contradiction avec l'existence nécessaire du frottement ? M. Poincaré montre que non, car le temps de relaxation calculé avec les hypothèses les plus défavorables à la théorie est extrêmement long et bien supérieur à la durée de la période pour la plupart des ondes dites à longue période. Dans

les grands bassins océaniques tout au moins, il faut donc calculer les principales ondes à longue période comme des marées statiques de la seconde sorte, suivant une méthode que l'auteur développe sous une forme absolument générale. Au contraire, pour l'onde ayant pour période 18 ans, par exemple, le frottement pourrait avoir de l'influence et on aurait alors une marée statique de la première sorte.

Pour intéressantes et remarquables que soient les recherches de M. Hough, elles supposent pour les profondeurs des lois simples qui ne se rencontrent pas dans les océans ; la théorie qu'elles ont permis d'établir ne peut donc donner qu'une idée approchée du phénomène tel qu'il se produit réellement.

Certaines mers secondaires pouvant être grossièrement assimilées à des canaux étroits, on est conduit à étudier également les oscillations contraintes susceptibles de se produire dans un réseau de semblables canaux. Tel est l'objet du Chapitre IX. On peut alors, comme le montre l'auteur, négliger l'influence de la force centrifuge composée, abstraction faite toutefois de son action sur l'amplitude relative à chaque rive, et le problème se traite assez simplement d'une manière complète. Les conditions aux limites fournissent toujours, quelle que soit la complication du réseau, autant de conditions qu'il entre de constantes dans les solutions des équations différentielles du problème.

L'auteur s'attache à plusieurs cas particuliers mettant encore en évidence le décalage qui se produit nécessairement lorsque les conditions du théorème de Laplace ne sont pas réalisées. Il fait ressortir la distinction capitale entre l'onde stationnaire et l'onde progressive simple. Chaque fois que l'on constate un décalage entre les marées et le courant, comme dans la Manche, c'est que l'on n'a pas affaire à une onde progressive simple : il s'y superpose une onde stationnaire.

La longueur de certains canaux peut se trouver en rapport simple avec la longueur d'onde d'une oscillation propre ayant même période que la force perturbatrice. En ce cas, la résonance produit son effet. Une onde stationnaire, de grande amplitude, prend naissance ; mais l'auteur met en lumière ce fait jusqu'ici méconnu que la phase de la marée dans le canal n'a aucune relation nécessaire avec celle de la marée océanique à l'embouchure.

Lorsqu'on a affaire à une onde stationnaire, la quantité d'énergie qui passe à travers une section du canal est nulle ; il n'en est pas de même pour une onde progressive. Dans le cas d'un canal

de profondeur et largeur constantes, l'expression de cette énergie peut être aisément obtenue, comme le fait voir M. Poincaré qui généralise cette expression et montre que, dans une oscillation quelconque se propageant dans une aire liquide quelconque, la quantité d'énergie qui traverse un élément quelconque de surface est proportionnelle à la valeur moyenne du produit des deux quantités suivantes : 1° la dérivée, prise par rapport au temps, de la composante du déplacement normale à l'élément de surface considéré ; 2° la fonction fondamentale φ, déjà citée, dont les dérivées partielles fournissent, par des combinaisons linéaires simples, les composantes du déplacement.

Partant de là — et c'est sans doute ici un des points culminants du livre qui nous occupe — M. Poincaré établit un des rares théorèmes généraux de la théorie des marées, théorème qui lui appartient en propre et qui fournit une relation entre le potentiel perturbateur et la marée produite.

Il en résulte immédiatement ce corollaire important que les ondes progressives se propagent toujours des points où la marée est en retard (relativement à ce qu'elle devrait être si sa production était purement statique) vers les points où la marée est en avance. C'est en s'appuyant sur ces résultats que l'auteur fera, dans la troisième Partie, une critique magistrale des théories d'ensemble de Whewell et de Harris.

Le Chapitre X, qui termine la première Partie, est consacré à l'étude des procédés généraux d'intégration du problème des marées et spécialement du parti qu'on peut, à cet égard, tirer de la méthode de Fredholm. Ces pages, d'un caractère purement mathématique, sont, de beaucoup, les plus ardues de l'ouvrage. Elles ne renferment, au reste, que des recherches presque entièrement inédites dues à l'auteur et renouvellent chez le lecteur ordinaire des œuvres de l'illustre géomètre le sentiment d'étonnement admiratif que provoque l'aisance incroyable avec laquelle il se meut au milieu des plus grandes difficultés analytiques.

A la suite d'une courte entrée en matière, dans laquelle la plume remarquablement précise du rédacteur a su faire naître une très bonne idée générale de la méthode, le Chapitre contient d'abord, en une douzaine de pages, le rappel sommaire des principes mathématiques utilisés, assez complet toutefois pour que le lecteur n'ait pas à se reporter aux ouvrages traitant spécialement de la matière. Cette observation peut être renouvelée à propos des divers autres endroits de l'ouvrage où il est fait appel

à certaines théories difficiles et que bien des lecteurs peuvent être censés ne pas posséder encore. Il est permis, croyons-nous, de faire plus particulièrement honneur de ce soin au rédacteur de l'ouvrage, qui s'est évertué à faciliter au gros des lecteurs l'accès des régions supérieures où le génie transcendant de M. Poincaré se meut comme en son naturel élément.

L'introduction des notions de potentiel logarithmique de simple et double couche permet de résoudre d'abord, par la méthode de Fredholm, le problème de Dirichlet dans le plan, puis celui où l'on se donne, sur le contour, non plus la valeur de la fonction harmonique à déterminer, mais celle d'une combinaison linéaire de cette fonction et de ses dérivées. Une importante difficulté surgit tout de suite, parce que l'équation intégrale de Fredholm à laquelle on aboutit renferme une intégrale simple et un noyau infini d'ordre un. Elle est subtilement levée grâce au remplacement de l'intégrale par sa valeur principale d'après Cauchy. Tous les problèmes précédents, généralisations de celui de Dirichlet, se ramènent à la détermination de fonctions qui peuvent être considérées comme des généralisations de la fonction de Green ordinaire. Cette constatation a son intérêt, car, dans certains cas particuliers, les fonctions de Green peuvent se former aisément, et leur connaissance entraîne alors la solution du problème. Mais, en général, il faudra, pour les déterminer, résoudre une équation de Fredholm.

Ces problèmes préliminaires une fois traités, M. Poincaré aborde l'intégration de l'équation générale des marées, en négligeant d'abord l'attraction du bourrelet sur lui même. Quelle que soit la condition aux limites, il montre que la fonction fondamentale φ peut se déterminer par la résolution d'une équation de Fredholm ; mais, en général, cette équation renfermera, non pas une seule intégrale simple, mais la somme d'une intégrale simple et d'une intégrale double. Cette complication n'empêche pas, au reste, l'application de la méthode à laquelle il suffit d'apporter quelques changements.

Mais — et c'est là une difficulté essentielle — les coefficients de l'équation du problème des marées sont susceptibles de devenir infinis, soit sur certains parallèles de latitude critique, soit aux bords des mers, lorsque ceux-ci ne sont pas constitués par des falaises verticales. Ces difficultés sont vaincues par M. Poincaré au prix d'une très difficile et très savante analyse dont le détail ne saurait être abordé ici. Il indique finalement

comment il serait possible de tenir compte de l'attraction du bourrelet.

En résumé, le problème des marées se trouve résolu théoriquement dans toute sa généralité par l'habile analyse de M. Poincaré fondée sur la méthode de Fredholm ; mais, appliqués à un cas concret, les calculs seraient pratiquement inextricables. Toutefois, la méthode de Fredholm reste comme un moyen d'investigation précieux pour la démonstration ou le contrôle d'une foule de résultats empiriques ; elle ouvre, dans ce sens, une large voie aux recherches futures. L'auteur signale, au reste, la méthode de Ritz, dont il donne une rapide esquisse, comme susceptible aussi de servir de base à nombre de travaux originaux.

La deuxième partie renferme l'exposé des procédés pratiques de prédiction des marées. L'auteur ne s'y est pas astreint à entrer dans tous les détails que comporte le sujet, non plus qu'à donner des modèles de calculs. Il y a, sur la matière, toute une littérature dont les enseignements de détail n'ont d'intérêt que pour les spécialistes (1). Ici, l'auteur se borne à dégager, avec une clarté et une ampleur remarquables, les principes des différentes méthodes. Nous croyons devoir particulièrement signaler la théorie du curieux *Analyseur harmonique* de Lord Kelvin et, plus volontiers encore, l'exposé en quatre ou cinq pages, d'une concision et d'une originalité remarquables, de la méthode de Laplace réduite à ce qu'elle a d'essentiel.

La synthèse des observations, réunie dans la troisième Partie, est d'une importance capitale, en vue de l'avancement futur de nos connaissances dans cette voie.

Au fur et à mesure que les postes d'observation se multiplient, il devient possible de tracer avec une exactitude de plus en plus grande (quoique nécessairement encore hypothétique) les lignes cotidales représentant la position de l'onde-marée à un instant donné.

La question se pose de savoir si, des résultats actuellement acquis, il est possible de déduire une théorie d'ensemble rendant compte de la formation et de la propagation de telles ou telles ondes dans les différentes mers, de leur prépondérance, de leurs

(1) Nous rappellerons, à ce propos, l'excellent ouvrage de M. l'Ingénieur hydrographe en chef Rollet de l'Isle dont il a été rendu compte dans cette Revue (livraison d'octobre 1906, p. 618).

interférences, etc. Deux synthèses ont été préconisées jusqu'ici, essentiellement différentes dans leurs principes, celle de Whewell et celle de Harris. Pour faire saisir jusqu'à quel point elles s'accordent avec les résultats des observations, l'auteur commence par donner un exposé de ceux-ci, exposé fait d'après les travaux et les cartes de M. Harris. Ce qui frappe tout d'abord, à la vue de ce tableau d'ensemble, c'est la complexité du phénomène, et l'évidente difficulté de le réduire en lois simples, qui en est le corollaire. Les valeurs très diverses qu'est susceptible de prendre la différence de situation des ondes M_2 et S_2, de même que le rapport de leurs amplitudes, ne semblent guère conciliables avec la conception d'une onde unique se transportant en bloc.

L'hypothèse fondamentale de Laplace elle-même n'est pas vérifiée par les faits ; valable sur les côtes françaises, elle risquerait de conduire ailleurs à des résultats fort erronés.

Pour démêler l'écheveau presque inextricable des faits observés, M. Harris a cherché à tirer parti des indications fournies par l'expérience, ainsi qu'on le voit au Chapitre XIV ; et il a résumé les résultats auxquels il est ainsi parvenu dans un certain nombre de lemmes que M. Poincaré reproduit en y ajoutant des démonstrations analytiques pour les plus importants d'entre eux. L'un d'eux, au reste, ne résiste pas à cette épreuve ; c'est le lemme (12), déduit d'un fait d'observation trop hâtivement généralisé et dont M. Poincaré fait ressortir l'inexactitude partielle. C'est en se fondant sur tous ces faits soit d'observation, soit d'expérience, que M. Harris a esquissé sa théorie que l'auteur développera plus loin.

Auparavant, il consacre un court Chapitre (XV) à la théorie, plus ancienne, de Whewell, dont il fait voir qu'elle ne saurait, au point de vue des principes, se soutenir et qu'elle n'est d'ailleurs, en aucune mesure, conforme aux observations. On retrouve, en ces quelques pages, la maîtrise avec laquelle ont été passés au crible les essais de Hertz, Helmholtz, Lorenz, Larmor, dans la théorie électro-magnétique de la lumière. Et la même griffe se fait encore sentir à chaque page du Chapitre XVI consacré à la théorie de Harris.

L'auteur commence par indiquer les principes généraux de cette théorie, qui accorde un rôle prépondérant aux ondes stationnaires et fait spécialement appel au principe de résonance. « En procédant ainsi, dit-il, M. Harris a obtenu ce qu'il appelle des *systèmes*, c'est-à-dire des régions partiellement fermées où

seront engendrées des marées particulièrement dominantes. De là, ces marées pourront se propager, sous forme d'ondes progressives, dans les régions avoisinantes. »

En traçant, dans sa théorie, les lignes cotidales, M. Harris a été conduit à reconnaître l'existence de certains points où ces lignes se réunissent en faisceau, et qu'il a appelés des points *amphidromiques*.

L'auteur passe ensuite à la description des systèmes de M. Harris (aires de formation d'ondes à peu près stationnaires en résonance avec certains termes du potentiel perturbateur), dont six semi-diurnes lunaires (Nord-Atlantique, Sud-Atlantique, Nord-Pacifique, Sud-Pacifique, Nord-Indien, Sud-Indien), un semi-diurne solaire (Sud-Australien) et deux diurnes (Nord-Pacifique et Indien). A propos du système diurne Nord-Pacifique, M. Poincaré met en lumière ce qu'il y a parfois d'arbitraire et même d'erroné dans la manière de procéder de M. Harris. Il indique, au reste, une explication qui semble très plausible de l'anomalie apparente dont il s'agit, et l'on est en droit de penser que, dans bien des cas, on pourrait de même éviter ce qu'il y a d'un peu trop artificiel dans la conception de M. Harris.

Après avoir montré comment des ondes progressives doivent forcément se superposer aux ondes stationnaires des systèmes, l'auteur cherche à reconnaître si cette combinaison suffit à expliquer toutes les particularités effectivement observées et il se livre, à ce propos, à une étude spéciale des marées dans chacun des océans, dont il est superflu de souligner l'intérêt au point de vue de la Physique générale de notre globe. Parmi les particularités qu'il convient spécialement de retenir, on peut citer : l'absence de résonance diurne dans l'Atlantique ; la grande valeur du rapport $\frac{S_2}{M_2}$ sur la côte Est de la colonie du Cap ; la présence d'une onde purement progressive dans l'estuaire de l'Amazone ; la faiblesse du rapport $\frac{S_2}{M_2}$ sur la côte Atlantique des États-Unis ; les ondes stationnaires du golfe du Maine et de Long Island Sound (ondes qui ont conduit M. Harris à l'idée du lemme partiellement inexact dont il a été parlé plus haut) ; l'existence d'un point amphidromique dans l'Océan Indien entre Madagascar et Ceylan ; les marées solaires de la côte Sud-Australienne ; la question intéressante, non encore résolue, soulevée par la façon dont M. Harris conçoit la marée du golfe Persique (comme

due à une onde progressive à propagation) ; l'accord remarquable de la théorie avec les observations en ce qui concerne la Mer Rouge et les golfes qui y débouchent ; l'existence de trois points amphidromiques dans le Pacifique ; .....

A propos du golfe du Petshili, M. Poincaré insiste encore sur ce que la conception de M. Harris a de trop simpliste quand il s'agit de la propagation des ondes dans les golfes ; il y revient même encore plus loin. En somme, si on ne tient pas compte du frottement, il y aura nécessairement réflexion au fond du golfe, mais réflexion irrégulière, donc production d'une oscillation présentant des lignes cotidales, et la vitesse de propagation, au lieu d'être uniquement fonction de la profondeur, dépendra également de certains coefficients, désignés par α et β, du potentiel perturbateur. Pour que l'on eût, dans le golfe, une onde progressive simple, il faudrait d'abord que le coefficient α fût nul, et, de plus, qu'il n'y eût pas de réflexion au fond du golfe. Cette dernière condition ne peut être réalisée que si l'on fait intervenir le frottement. Comme, d'après les travaux de Hough, l'action du frottement est extrêmement faible, il est peu vraisemblable qu'une pareille onde progressive puisse exister dans un golfe fermé, à moins que la profondeur ne soit très petite ; c'est le cas douteux du golfe Persique. Mais si le golfe considéré sert d'estuaire à un fleuve, il arrivera généralement que l'onde finira par être absorbée et ne se réfléchira pas. Dans le fleuve lui-même, où s'exerce l'action du frottement, il y aura une onde progressive, mais de vitesse modifiée par le coefficient de frottement. Dans l'estuaire, là où les fonds sont suffisants pour que le frottement soit négligeable, comme il n'existe pas d'onde réfléchie, on aura bien une onde progressive de vitesse égale à $\sqrt{gh}$. Encore faut-il bien entendre que cette onde est une onde dérivée venant du large, car si l'estuaire avait une longueur suffisante pour qu'il fût nécessaire de faire intervenir le potentiel perturbateur, ses coefficients entreraient en jeu pour modifier cette vitesse.

Il convient encore de signaler, parmi les particularités typiques de cette intéressante étude d'ensemble : la résonance diurne de la mer de Chine ; son importance dans le golfe du Tonkin par suite de l'interférence presque complète de l'onde semi-diurne ; les faibles marées de la Méditerranée comportant l'application de la théorie statique aux deux bassins ; l'amplitude relativement forte dans le golfe de Gabès et l'Adriatique ; le régime de la Mer d'Irlande et de la Manche.

M. Poincaré termine cet exposé critique par des considérations générales sur l'état actuel de la théorie, qui l'amènent à préciser dans quel sens il y aurait à travailler pour l'améliorer, indication bien précieuse pour les chercheurs que tente le sujet.

La quatrième Partie, qui traite des marées fluviales, ne comprend qu'un seul chapitre. Si le frottement peut être négligé dans les bassins océaniques et les canaux profonds, il n'en est plus de même dans les rivières. De plus, la surélévation produite par la marée est alors de même ordre que la profondeur elle-même, et les équations du problème ne sont plus linéaires. Même dans le cas théorique d'un fleuve rectiligne, de largeur, profondeur et pente constantes, il faut avoir recours à plusieurs approximations. D'abord, si on néglige le frottement et les carrés des inconnues, on retombe naturellement sur l'équation des cordes vibrantes : d'où, l'existence de deux ondes progressives, l'une et l'autre entraînées par le courant ; mais la nature des choses impose la suppression de l'onde se propageant vers l'aval ; c'est qu'aussi bien, comme le fait voir M. Poincaré, il est impossible de s'en tenir à cette première approximation dont les résultats sont en désaccord avec l'observation sur deux points essentiels : égalité des temps de montée et de descente de la marée ; coïncidence des maxima et minima du courant avec ceux de la marée.

En seconde approximation, le frottement étant encore négligé, mais les carrés des inconnues retenus, on est conduit à un système de deux équations aux dérivées partielles. La solution donnée dans l'ouvrage est celle de Saint-Venant ; elle explique la vitesse supérieure de propagation de la pleine mer, mais non le décalage entre la marée et le courant. M. Poincaré en déduit également l'explication de la formation des ondes composées, et, surtout, l'explication du mascaret. Rien, sans doute, n'avait été jusqu'ici dit de plus substantiel sur ce sujet, du moins au point de vue théorique. Il convient, au reste, de signaler à ce propos la conception originale qui fait dépendre toutes les circonstances du phénomène de la considération d'une certaine surface réglée à plan directeur ; c'est là un exemple de figuration géométrique d'une rare élégance.

Pour ce qui est de l'influence du frottement, l'auteur se borne à l'envisager dans le cas le plus simple ; cela lui suffit, d'ailleurs, pour expliquer, à l'aide de cette cause, l'affaiblissement de l'onde et le décalage.

La cinquième Partie ne doit être regardée que comme une pierre d'attente pour l'ouvrage où M. Poincaré a déjà annoncé qu'il traitera plus complètement des marées des corps célestes. Cette entrée en matière est, d'ailleurs, par elle-même d'un haut intérêt.

L'auteur fait d'abord remarquer que, si l'on considère une sphère homogène élastique, le problème différera de celui des marées océaniques en ce sens qu'on ne pourra jamais négliger l'influence du bourrelet ; mais, d'autre part, il sera permis de faire une théorie purement statique, même en ce qui concerne les marées à courte période.

L'auteur étudie ensuite les marées d'une couche liquide recouvrant un noyau solide, soit élastique, soit incompressible et visqueux. Les résultats, aussi bien ceux de Darwin que ceux d'Hecker, auxquels il fait simplement allusion, conduisent à attribuer au noyau terrestre une rigidité égale à celle de l'acier.

M. Poincaré examine ce que devient la relation générale précédemment établie entre la marée océanique et le potentiel perturbateur lorsqu'on tient compte de la déformation du noyau terrestre. Il en déduit une formule qui permettrait, par l'observation générale des marées, de calculer la viscosité du noyau.

Dans le dernier chapitre du livre, ayant en vue principalement l'énigme que pose aux astronomes le phénomène connu sous le nom d'accélération séculaire de la longitude moyenne de la Lune, M. Poincaré se demande si l'absorption d'énergie due au frottement des marées est suffisante pour amener un ralentissement de la rotation terrestre capable de fournir la clef de cette énigme.

Il établit d'abord ce théorème très important que, s'il n'y avait pas de frottement, l'action de la Lune sur le bourrelet liquide soulevé aurait toujours un moment nul, malgré le décalage qui se produit indépendamment du frottement ; d'où cette conséquence que, s'il n'y a pas frottement, aucun changement n'est possible dans la durée de la rotation de la Terre.

Mais le frottement lui-même, dans les marées océaniques, est beaucoup trop faible pour produire le retard nécessaire à l'explication recherchée. Il faut en conclure que ce n'est pas par son action sur le bourrelet liquide que la Lune produit une diminution de la rotation terrestre, mais bien sur le bourrelet du noyau solide. Une viscosité, même très faible, de ce dernier suffit à produire le décalage nécessaire.

Inversement, le bourrelet du noyau interne va réagir sur la

Lune et troubler les éléments de son orbite, et l'auteur fait, d'après Darwin, l'étude rapide des perturbations ainsi produites. Après avoir formé l'expression de la fonction perturbatrice, il examine, dans l'hypothèse de propriétés élastiques analogues à celles de l'acier, les conditions de stabilité du système Terre-Lune. Il montre que ce système tend vers un état final dans lequel la durée de la révolution de la Lune sera égal au jour terrestre, dont la durée aura elle-même atteint la valeur de 55,5 jours actuels ; d'autre part, l'excentricité et l'obliquité seront nulles, de sorte qu'il ne se produira plus de marées lunaires.

Sur la Lune se trouve déjà réalisée l'égalité entre la révolution et la rotation, de sorte que les marées terrestres y seraient nécessairement très faibles.

Si, arrivé au terme du volume, on se sent, une fois de plus, saisi d'admiration devant les infinies ressources du génie mathématique de M. Poincaré, on ne peut non plus se défendre d'une haute estime pour celui qui a su donner à la pensée du maître une forme aussi heureusement appropriée. Cet éloge ne doit pas être tenu pour banal. Il s'en faut que tous les traités didactiques de l'illustre géomètre français, toujours hors de pair pour le fond, aient revêtu, sous des plumes diverses, une forme aussi pleinement satisfaisante. On sent que M. Fichot (que des travaux personnels recommandent, d'ailleurs, hautement au monde savant) s'est lui-même profondément pénétré des idées du maître avant de nous les présenter en un texte dont la lecture est particulièrement agréable. Pour nous aider à pénétrer au cœur d'un domaine aussi ardu, il a su nous en aménager les voies en vue du moindre effort. A côté du tribut d'admiration que, sans compter, nous payons à l'auteur, cela mérite bien aussi, de notre part, quelque peu de reconnaissance.

M. O.

II

UNE NOUVELLE CONTRIBUTION DE LA CAISSE D'ASSURANCES AUX ASSURANCES POPULAIRES

ASSURANCES COLLECTIVES SUR LA VIE POUR LE PAYEMENT DES FRAIS DE FUNÉRAILLES

En 1891, la Caisse Générale d'Épargne et de Retraite, en conséquence de la loi du 9 août 1889 sur les habitations ouvrières, commença à traiter des opérations d'assurance sur la vie, destinées à garantir le remboursement de prêts contractés en vue de l'achat ou de la construction d'une maison. La loi du 21 juin 1894, qui créa un organisme distinct de la Caisse d'Épargne et de la Caisse de Retraite, la Caisse d'Assurances, ne subordonna plus l'assurance à cet objet spécial.

Le statut fondamental de la Caisse d'Assurances, exception faite pour certaines assurances globales, sans examen médical, de 100 francs, au plus, par tête, à l'usage des sociétés de secours mutuels légalement reconnues, n'était point propre à favoriser les assurances de petits capitaux. Des mesures prises en 1899 rendirent la Caisse plus apte aux assurances populaires. La Caisse assuma les frais des examens médicaux, les primes devinrent payables par quotités mensuelles, le versement minimum, prime ou quotité mensuelle, fut abaissé à 1 franc, l'exemption de l'examen médical put être accordée en cas d'assurances globales de groupes autres que ceux constitués par les membres de sociétés mutualistes reconnues, une nouvelle forme d'assurance à effets différés de deux ans, sans examen médical obligatoire, fut créée.

Le statut de 1899 a marqué une étape importante dans l'histoire de la Caisse d'Assurances. Aux progrès qu'elle a poursuivis et déjà réalisés dans le domaine des assurances populaires, de récentes dispositions — arrêté royal du 6 septembre 1910 — vont en ajouter de nouveaux. Il s'agit de l'abaissement de l'âge initial d'affiliation, fixé uniformément jusqu'à présent à 20 ans révolus, et de l'organisation d'assurances collectives sur la vie pour le payement des frais de funérailles et de dernière maladie.

Pour ces nouvelles assurances, l'âge initial d'affiliation a été abaissé à 4 ans ; pour toutes les autres assurances (1) il a été abaissé à 16 ans.

Faisant abstraction des nouvelles assurances collectives pour le payement des frais de funérailles, il faut tout d'abord remarquer qu'il n'était guère possible, à moins de compliquer les tarifs par certaines restrictions, de descendre pour toutes les autres assurances en dessous de l'âge de 5 ans. En dessous de cet âge, en effet, une loi spéciale, votée en 1906, frappe, en principe, de nullité toute clause d'assurance ayant pour objet le payement d'une somme d'argent en cas de décès d'un enfant et ne reconnaît, par exception, un caractère licite qu'aux opérations dont le but est de pourvoir à la prestation de certains services ressortissant aux obligations des parents, le payement des frais de funérailles, par exemple. Cette loi spéciale a été inspirée par la crainte — que l'expérience n'a cependant pas généralement motivée — que des parents inconscients ou coupables ne donnent point à leurs enfants les soins qui leur sont dus, ou même, hâtant ou provoquant leur décès, ne retirent de l'assurance un profit immoral. Mais, pourquoi ne pas descendre au moins jusque 5 ans ? Il n'a pas paru possible que la Caisse d'Assurances empêchât pratiquement et systématiquement qu'il fût fait usage de ses tarifs généraux, dans les limites qu'ils comportent, pour l'assurance de capitaux relativement élevés qui, sous la forme de l'assurance mixte ou de l'assurance vie entière, ne doit pas logiquement être admise pour les enfants et les adolescents. En dehors de l'assurance pour frais de funérailles, en effet, il ne semble pas nécessaire de se prémunir par l'assurance contre l'éventualité de décès d'un enfant ou d'un adolescent ; aussi bien, avant d'avoir atteint un certain âge, l'homme est une charge pour les siens et sa disparition n'entraîne pas une diminution des ressources de la famille. L'assurance sur la vie

(1) Sans compter les nouvelles assurances collectives pour frais de funérailles, les assurances que l'on peut conclure à la Caisse d'Assurances sont des assurances individuelles mixtes garantissant le payement d'un capital à une époque déterminée ou au décès de l'assuré s'il se produit avant cette époque, des assurances individuelles vie entière ne garantissant le payement d'un capital qu'au décès de l'assuré, des assurances individuelles temporaires à capital décroissant destinées principalement à couvrir, en cas de décès, le solde d'un emprunt remboursable par annuités constantes, des assurances globales mixtes et vie entière permises sous certaines conditions à des groupes s'affiliant à la Caisse d'Assurances en vertu de dispositions réglementaires.

en cas de décès, pour des objets autres que le payement des frais de funérailles, ne se comprend, d'ailleurs, pleinement que si l'assuré est capable d'en assumer lui-même le payement et, à cet égard, il paraît rationnel de n'admettre à cette sorte d'assurance que des personnes auxquelles le travail procure une certaine indépendance. L'âge limite de 16 ans a été choisi par corrélation avec la loi du 10 février 1900 sur l'épargne de la femme mariée et du mineur, qui accorde au mineur âgé de 16 ans, au moins, le droit d'utiliser ses épargnes personnelles.

Enfin la limite de 16 ans s'accorde avec les conditions requises pour que l'examen médical des candidats à l'assurance offre une garantie certaine. En dessous de 16 ans cet examen ne donnerait que des résultats aléatoires.

En ce qui concerne spécialement les nouvelles assurances collectives pour le payement des frais de funérailles et de dernière maladie, et pour lesquelles il n'est pas exigé d'examen médical, les considérations précédentes n'étaient pas à envisager et l'âge initial d'affiliation a pu être abaissé à 4 ans, les assurances collectives ne produisant leurs effets qu'un an après la conclusion des contrats, donc à 5 ans au plus tôt.

Cette importante réforme n'a pas le caractère simpliste que l'on serait tenté de lui attribuer ; elle n'est qu'un des éléments d'une question que l'on a cherché à résoudre en tenant compte de toutes les conditions auxquelles doivent satisfaire les assurances populaires, en général, et de celles qui sont requises, en particulier, par la nature propre de la Caisse d'Assurances. Les considérations qui vont suivre sont, en principe, indépendantes de l'âge des candidats à l'assurance.

En matière d'assurances populaires, il faut se garder de combinaisons qui, en écartant un trop grand nombre de personnes, leur feraient perdre une de leurs qualités essentielles : l'accessibilité.

Quelles que soient leurs modalités, les assurances populaires doivent être peu coûteuses, c'est-à-dire que leur fonctionnement administratif doit être strictement économique.

Il ne suffit pas que les primes des assurances populaires soient calculées au plus juste prix, il importe plus encore qu'on puisse les payer par des versements périodiques minimes et assez rapprochés. Ainsi, la cotisation hebdomadaire caractériserait mieux un système d'assurances populaires que le chiffre même des capitaux assurés.

La Caisse d'Assurances ne pouvait songer, sous peine de

compliquer son administration et d'exagérer ses frais généraux, à admettre des versements infimes ou à organiser elle-même la perception fragmentaire des primes. Elle devait forcément avoir recours à l'aide de la mutualité. Cette aide est, d'ailleurs, prévue par la loi.

La loi accorde la reconnaissance aux sociétés qui pourvoient aux frais funéraires et auxquelles l'assurance sur la vie offre un excellent moyen de satisfaire à leurs obligations ; elle accorde, d'ailleurs, la même reconnaissance aux sociétés constituées pour faciliter à leurs membres l'affiliation à la Caisse d'Assurances. D'autre part, le législateur s'est occupé spécialement des mineurs d'âge en disposant que toute personne âgée de 18 ans, au moins, ou émancipée, peut contracter une assurance sur la vie à la Caisse d'Assurances par l'intermédiaire d'une société mutualiste reconnue et que toute personne âgée de moins de 18 ans et non émancipée jouit de la même faculté moyennant le consentement de son représentant légal.

Les assurances collectives sur la vie pour le payement des frais de funérailles et de dernière maladie ne peuvent être contractées que par l'intermédiaire de sociétés mutualistes reconnues ; elles sont de deux formes :

1° Une forme d'assurances vie entière à primes annuelles temporaires payables pendant 5 ou 10 années et pour laquelle l'affiliation à la Caisse d'Assurances est permise de l'âge de 4 ans à celui de 59 ans ; à partir de 54 ans la combinaison à 10 primes cesse d'être applicable ; 2° une forme d'assurances temporaires à primes uniques, pour laquelle l'affiliation à la Caisse d'Assurances est permise de l'âge de 4 ans à celui de 15 ans ; la durée de ces assurances peut être de 5, 6, 7 ... 15 années, sans toutefois qu'elle puisse jamais se prolonger au delà de la 21e année.

Les tarifs des assurances collectives dits tarifs VIII et tarif IX sont les suivants :

TARIF VIII

Assurance vie entière à primes annuelles

L'assurance est conclue, un an avant le versement de la première prime, par l'intermédiaire d'une société mutualiste

reconnue; en même temps il est versé à titre définitif, à la Caisse d'Assurances, 1 franc si l'affilié a plus de 16 ans, 50 centimes s'il a moins que cet âge; ces sommes sont réduites respectivement à 50 centimes et à 25 centimes si le capital assuré est inférieur à 100 francs. Le montant de ce versement initial est déduit du montant de la première prime.

Tarif indiquant les primes annuelles, payables au maximum 5 ou 10 fois, assurant, dès le premier versement de prime, un capital de 100 francs payable immédiatement après le décès de l'assuré.

AGE de l'assuré au moment de la conclusion de l'assurance	5 primes	10 primes	AGE de l'assuré au moment de la conclusion de l'assurance	5 primes	10 primes
De 4 à 5 ans	5,84	3,16	De 30 à 31 ans	9,20	5,03
„ 5 „ 6 „	5,90	3,19	„ 31 „ 32 „	9,36	5,12
„ 6 „ 7 „	5,99	3,24	„ 32 „ 33 „	9,53	5,22
„ 7 „ 8 „	6,09	3,29	„ 33 „ 34 „	9,70	5,32
„ 8 „ 9 „	6,20	3,35	„ 34 „ 35 „	9,88	5,42
„ 9 „ 10 „	6,33	3,42	„ 35 „ 36 „	10,06	5,52
„ 10 „ 11 „	6,46	3,50	„ 36 „ 37 „	10,25	5,63
„ 11 „ 12 „	6,60	3,58	„ 37 „ 38 „	10,44	5,74
„ 12 „ 13 „	6,74	3,66	„ 38 „ 39 „	10,64	5,85
„ 13 „ 14 „	6,88	3,74	„ 39 „ 40 „	10,84	5,97
„ 14 „ 15 „	7,02	3,82	„ 40 „ 41 „	11,04	6,09
„ 15 „ 16 „	7,16	3,90	„ 41 „ 42 „	11,25	6,21
„ 16 „ 17 „	7,30	3,97	„ 42 „ 43 „	11,47	6,34
„ 17 „ 18 „	7,43	4,05	„ 43 „ 44 „	11,69	6,47
„ 18 „ 19 „	7,56	4,12	„ 44 „ 45 „	11,91	6,61
„ 19 „ 20 „	7,68	4,18	„ 45 „ 46 „	12,14	6,75
„ 20 „ 21 „	7,80	4,25	„ 46 „ 47 „	12,38	6,89
„ 21 „ 22 „	7,92	4,32	„ 47 „ 48 „	12,62	7,04
„ 22 „ 23 „	8,05	4,39	„ 48 „ 49 „	12,86	7,20
„ 23 „ 24 „	8,18	4,46	„ 49 „ 50 „	13,12	7,36
„ 24 „ 25 „	8,31	4,53	„ 50 „ 51 „	13,37	7,52
„ 25 „ 26 „	8,45	4,61	„ 51 „ 52 „	13,64	7,70
„ 26 „ 27 „	8,59	4,69	„ 52 „ 53 „	13,91	7,88
„ 27 „ 28 „	8,74	4,77	„ 53 „ 54 „	14,18	8,06
„ 28 „ 29 „	8,89	4,86	„ 54 „ 55 „	14,46	
„ 29 „ 30 „	9,04	4,94	„ 55 „ 56 „	14,75	
			„ 56 „ 57 „	15,04	
			„ 57 „ 58 „	15,34	
			„ 58 „ 59 „	15,65	

TARIF IX

Assurance temporaire à prime unique

L'assurance est conclue, un an avant la date du payement de la prime, par l'intermédiaire d'une société mutualiste reconnue ; en même temps il est versé à titre définitif, à la Caisse d'Assurances, 50 centimes si le capital assuré est de 100 francs ou plus ; 25 centimes s'il est inférieur à 100 francs. Le montant de ce versement initial est déduit du montant de la prime.

Tarif indiquant la prime unique assurant, dès le versement de cette prime, un capital de 100 francs payable immédiatement au décès de l'assuré s'il se produit pendant la durée de l'assurance.

AGE de l'assuré au moment de la conclusion de l'assurance	DURÉE DE L'ASSURANCE A PARTIR DU VERSEMENT DE LA PRIME										
	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans	13 ans	14 ans	15 ans
De 4 à 5 ans	2,16	2,44	2,72	3,01	3,30	3,63	3,98	4,34	4,73	5,15	5,60
„ 5 „ 6 „	1,91	2,20	2,50	2,80	3,14	3,50	3,88	4,27	4,71	5,18	
„ 6 „ 7 „	1,76	2,07	2,38	2,73	3,10	3,49	3,90	4,35	4,84		
„ 7 „ 8 „	1,69	2,02	2,38	2,76	3,16	3,59	4,05	4,56			
„ 8 „ 9 „	1,68	2,05	2,45	2,86	3,30	3,78	4,30				
„ 9 „ 10 „	1,74	2,15	2,58	3,03	3,53	4,06					
„ 10 „ 11 „	1,87	2,31	2,78	3,29	3,85						
„ 11 „ 12 „	2,03	2,52	3,05	3,61							
„ 12 „ 13 „	2,23	2,77	3,36								
„ 13 „ 14 „	2,47	3,08									
„ 14 „ 15 „	2,73										

L'assurance temporaire d'une durée modérée et à primes uniques de capitaux constants présente certains avantages, notamment la simplicité de son paiement et la modicité de son prix. Mais l'assurance temporaire n'est pas une solution complète

et définitive, et si les contrats succèdent aux contrats, leur multiplicité engendre des complications administratives. D'autre part, il est à craindre que l'assurance temporaire ne donne lieu, dans une mesure croissant avec l'âge des assurés, à une sélection contre l'organisme assureur.

L'assurance temporaire en cas de décès ne semble admissible qu'à titre de bienveillance particulière envers certaines catégories de personnes et pour autant qu'il soit pris des mesures adéquates aux risques qu'elle comporte. C'est dans le but de faciliter l'assurance des enfants et des adolescents, surtout de ceux qui appartiennent à des familles nombreuses, que la Caisse d'Assurances vient de l'admettre — voir tarif IX ci-dessus — ; aussi bien, le prix de l'assurance vie entière à primes payables pendant dix années — voir tarif VIII ci-dessus — malgré qu'il soit modique, excède encore les ressources de beaucoup de parents. A considérer le problème dans sa plénitude, l'assurance temporaire permet, d'ailleurs, une répartition opportune des charges de l'assurance, les parents en assumant la partie correspondant au temps pendant lequel ils sont tenus de prendre soin de leurs enfants, ceux-ci se substituant ensuite à eux.

L'assurance vie entière à primes payables pendant cinq ou dix années — tarif VIII — est la forme principale. Cette assurance l'emporte sur l'assurance vie entière à primes nombreuses, parce que la limitation de la durée contractuelle du paiement des primes est favorable à la permanence des contrats et parce que le preneur d'assurance n'est point forcé à des engagements à longue échéance, qu'à un moment donné il ne serait plus capable de remplir ou auxquels, moralement, il ne se croirait plus obligé. L'assurance vie entière à courte période de paiement de primes l'emporte sur l'assurance temporaire par son résultat définitif.

Les assurances collectives — tarifs VIII et IX — ne sont pas subordonnées à un examen médical qui écarterait d'elles un grand nombre de personnes et les rendrait fort onéreuses, les tarifs devant subir l'influence, quant au chargement pour frais d'administration, du coût de cet examen.

Il a fallu remplacer l'examen médical par d'autres garanties.

Une première garantie consiste à n'assurer que des collectivités. Ainsi est favorisé le jeu des compensations dues au nombre des assurés et à leur répartition par âges, en correspondance avec celle de la population-type considérée pour l'établissement des tarifs.

Une seconde garantie est de laisser s'écouler un certain temps entre l'affiliation à la Caisse d'Assurances et le moment où l'assurance produit ses effets. De cette façon, l'on se prémunit contre le préjudice que causerait à la Caisse l'afflux d'assurés à santé délabrée ou même en danger de mort. Un stage d'un an a paru suffisant. Ce stage présente, au regard des affiliés, l'avantage de permettre la constitution graduelle de la première prime, et il peut se confondre avec le noviciat qu'imposerait à ses membres, avant leur admission définitive, la société mutualiste elle-même.

Une troisième garantie est de conclure les assurances par l'intermédiaire de sociétés mutualistes reconnues, dont l'honnêteté et la bonne foi devront aider la Caisse d'Assurances à repousser les individus affligés de tares physiques évidentes ou atteints de maladies mortelles. Les sociétés fourniront, pour chacun de leurs membres proposés à l'assurance, une attestation de bonne santé. D'ailleurs, afin de mieux marquer ce concept et d'en rendre l'application tangible, une somme, variant de fr. 0,50 à fr. 1, sera versée à fonds perdus à la Caisse d'Assurances par tête d'affilié au moment de l'affiliation ; toutefois, cette somme sera déduite du montant de la première prime dont le paiement ne s'effectuera qu'un an après l'affiliation, au moment où l'assurance prendra réellement cours. Si les sociétés ont une conduite prudente, les versements initiaux dont il vient d'être question, ne seront pour elles que des avances progressivement récupérables au fur et à mesure qu'elles recueilleront les cotisations de leurs membres.

Jusqu'à présent la mutualité ne s'est guère appliquée à répandre dans la masse les bienfaits de l'assurance sur la vie ; elle est loin d'avoir réalisé, dans ce domaine spécial de la prévoyance, les progrès qu'elle a obtenus dans celui de la Retraite. Au 31 décembre dernier, on comptait environ 5719 sociétés de retraite reconnues possédant au total, approximativement, 638 500 membres ayant opéré en 1910 des versements à la Caisse de Retraite ; à la même date il n'existait que 93 sociétés reconnues de retraite et d'assurances sur la vie avec 9513 membres actifs, et 21 sociétés reconnues d'assurances sur la vie avec 783 membres actifs.

Ce n'est pas seulement des assurances collectives pour le paiement des frais de funérailles et de dernière maladie, que la mutualité peut utilement s'occuper, mais encore d'autres assurances — globales ou individuelles — ayant pour but la constitution d'un petit capital à une date déterminée — assu-

rances mixtes — ou d'un petit patrimoine en cas de décès — assurances mixtes et assurances vie entière. Afin de faciliter la tâche de la mutualité, la Caisse d'Assurances, d'accord avec la Commission permanente des sociétés mutualistes, a dressé des statuts types, qui fournissent un cadre rationnel et commode à l'organisation et au fonctionnement des sociétés d'assurances sur la vie. Voici un aperçu de ces statuts.

Une société mutualiste d'assurances sur la vie a pour objet :

1° De subvenir aux frais de funérailles et de dernière maladie des membres effectifs, en concluant des assurances collectives avec la Caisse d'Assurances annexée à la Caisse Générale d'Épargne et de Retraite sous la garantie de l'État ;

2° De faciliter à ses membres effectifs la conclusion, à la Caisse d'Assurances, de toute espèce d'assurances individuelles sur la vie, ou leur participation à des assurances globales.

Des sections distinctes, s'occupant de chacun de ces deux objets, peuvent éventuellement être constituées.

— La société se compose de membres effectifs et de membres honoraires.

a) Les membres effectifs sont ceux qui participent aux avantages de la société. Par le seul fait de leur admission et du paiement d'une cotisation, ils prennent l'engagement :

1° De se conformer aux statuts et aux règlements spéciaux de la société ;

2° D'accepter les règlements et les tarifs de la Caisse d'Assurances.

b) Les membres honoraires sont ceux qui par leurs conseils et leurs souscriptions, contribuent à la prospérité de la société sans participer aux avantages qu'elle accorde.

— Les membres effectifs sont admis par le conseil d'administration aux conditions suivantes :

1° Être domicilié dans la circonscription de la société ;

2° Être de bonne conduite ;

3° Jouir d'une bonne santé et exercer une profession n'impliquant aucun risque exceptionnel d'accident ou de maladie ;

4° Avoir été vacciné ;

5° Être âgé de 4 ans au moins et de 59 ans au plus (limites d'âge fixées pour pouvoir participer aux assurances collectives conclues avec la Caisse d'Assurances).

Le mineur âgé de moins de dix-huit ans et non émancipé doit obtenir préalablement le consentement de celui qui exerce sur lui l'autorité paternelle, ou de son tuteur. Il n'a voix délibérative

dans l'assemblée de la société qu'à partir de l'âge de dix-huit ans, ou à son émancipation.

La femme mariée peut être admise ou rester membre, sauf opposition de son mari.

Les membres honoraires sont admis par le conseil d'administration sans condition d'âge ni de domicile. Ils ont voix délibérative s'ils ont plus de dix-huit ans ou s'ils sont émancipés.

Les démissions doivent être adressées par écrit au président.

Sont considérés comme démissionnaires :

1° Les membres qui n'ont pas payé leurs cotisations depuis six mois. Cependant, le conseil peut surseoir à l'application de cette mesure, s'il estime que le retard est indépendant de la volonté du sociétaire ;

2° Ceux qui quittent définitivement la circonscription de la société.

Tout sociétaire peut être exclu sur décision du conseil d'administration :

1° S'il a encouru une condamnation non conditionnelle, passée en force de chose jugée, pour un fait contraire à la probité ou à la moralité ;

2° S'il mène une conduite déréglée ou notoirement scandaleuse ;

3° S'il refuse de se conformer aux statuts et aux règlements spéciaux de la société ;

4° S'il s'est rendu indigne de l'estime de ses co-sociétaires ;

5° S'il est prouvé qu'il s'est fait admettre à la suite d'une déclaration mensongère ou s'il a dissimulé un état de santé qui aurait empêché son admission.

Dans les quatre derniers cas, le conseil convoquera, au préalable, le sociétaire pour entendre ses explications. Si le sociétaire ne se présente pas, son exclusion est prononcée d'office.

La démission, la radiation et l'exclusion font perdre tout droit sur le fonds spécial de la société.

Lorsqu'un membre effectif cesse de faire partie de la société, les cotisations et les versements facultatifs qui n'ont pas été déposés à la Caisse d'Assurances lui sont remis.

S'il passe dans une autre société, son assurance collective y est transférée, sinon, il lui est remis une police réduite, complètement libérée de tout paiement ultérieur de primes, s'il y a lieu.

S'il a contracté une assurance individuelle, ou participé à une assurance globale, il peut continuer lui-même à verser les primes, en se conformant aux règlements de la Caisse d'Assurances.

Les membres démissionnaires peuvent être réadmis sur

décision du conseil. Le cas échéant, ils n'ont aucun droit au partage des bénéfices réalisés par la société pendant leur absence.

Les membres effectifs paient une cotisation dont le montant annuel est égal pour chacun d'eux au montant de la prime ou des primes dues à la Caisse d'Assurances. Cette cotisation est perçue par semaine ou par mois. Les membres peuvent se libérer en une fois de la cotisation annuelle. Les primes sont versées à la Caisse d'Assurances aux époques fixées par elle.

Les membres honoraires s'engagent à verser annuellement, au minimum, une somme déterminée. Ils peuvent, en outre, faire des versements supplémentaires au profit des membres effectifs qu'ils désignent.

Le fonds spécial de la société se compose :

1° Des souscriptions des membres honoraires ;

2° Des dons et legs particuliers ;

3° Des subsides accordés par les pouvoirs publics ;

4° Des recettes et produits divers et des amendes prévues, éventuellement, par le règlement d'ordre intérieur ;

5° De l'intérêt des fonds recueillis et déposés à la Caisse d'Épargne. Ce dépôt doit être fait, au plus tard, dès que les fonds atteignent soit 5 francs par membre, soit le chiffre de 1000 francs.

Si la situation du fonds spécial le permet, on en prélève annuellement une somme à verser à la Caisse d'Assurances au profit des membres ayant rempli régulièrement leurs obligations et comptant au moins 6 mois de sociétariat.

Le conseil peut décider qu'une partie de la somme à répartir sera spécialement versée au profit des membres effectifs qui, par leur propagande, auront amené de nouveaux adhérents et auront ainsi contribué à répandre les bienfaits de l'assurance sur la vie.

La Caisse d'Assurances admet un maximum assurable de fr. 5000 — réduit à fr. 1000 dans le cas d'assurances à effets différés de deux ans. — Il est fait abstraction ici des assurances collectives pour le paiement des frais de funérailles et de dernière maladie. Mais la Caisse d'Assurances ne repousse pas les assurances les plus minimes. Ainsi, au 31 décembre 1910, il existait 816 contrats d'assurance de 100 fr. à 200 fr. inclus, 2348 de 51 fr. à 100 fr. inclus et 2380 de 50 fr. et en dessous.

Les tarifs ci-dessous indiquent les résultats qui peuvent être atteints par des versements mensuels de un franc ; des versements annuels de un franc produiraient un peu plus que le douzième des sommes indiquées.

ASSURANCES A EFFET IMMÉDIAT

(Précédées d'un examen médical)

Montant du capital assuré par des versements mensuels de **1 franc**

AGE DE L'ASSURÉ	ASSURANCES MIXTES — TARIF Ibis — Capital assuré par un contrat d'une durée de 10 ans	15 ans	20 ans	25 ans	TARIF IIbis — Capital assuré par un contrat finissant à 55 ans	60 ans	65 ans	AGE DE L'ASSURÉ	ASSURANCES VIE ENTIÈRE — TARIF IIbis — Montant du capital assuré les primes viagères cessant d'être payables à 55 ans	60 ans	65 ans
De 16 à 17 ans	130,51	206,21	288,20	375,31	609,49	692,88	765,73	De 16 à 17 ans	786,38	825,50	855,19
„ 17 „ 18 „	130,23	205,61	287,11	373,46	586,57	669,00	741,14	„ 17 „ 18 „	759,12	798,79	828,87
„ 18 „ 19 „	129,98	205,08	286,13	371,79	564,61	646,21	717,75	„ 18 „ 19 „	733,22	773,49	804,03
„ 19 „ 20 „	129,83	204,73	285,44	370,52	543,86	624,84	696,00	„ 19 „ 20 „	709,06	750,02	781,08
„ 20 „ 21 „	129,77	204,58	285,04	369 66	524,25	604,79	675,74	„ 20 „ 21 „	686,51	728,25	759,91
„ 21 „ 22 „	129,72	204,40	284,60	368,72	504,82	584,91	655,61	„ 21 „ 22 „	664,04	706 59	738,85
„ 22 „ 23 „	129,65	204,20	284,12	367,70	485,59	565,20	635,64	„ 22 „ 23 „	641,65	684,97	717,84
„ 23 „ 24 „	129,60	203,99	283,59	366,58	466,59	545,66	615,82	„ 23 „ 24 „	619,35	663,49	696,98
„ 24 „ 25 „	129,52	203,75	283,02	365,36	447,81	526,34	596,18	„ 24 „ 25 „	597,15	642,11	676,21
„ 25 „ 26 „	129,44	203,50	282,39	364,03	429,24	507,21	576,72	„ 25 „ 26 „	575,02	620,81	655,54
„ 26 „ 27 „	129,35	203,22	281,70	362,58	410,93	488,30	557,46	„ 26 „ 27 „	553,04	599,67	635,05
„ 27 „ 28 „	129,25	202,92	280,96	361,01	392,84	469,60	538,38	„ 27 „ 28 „	531,19	578,66	614,68
„ 28 „ 29 „	129,15	202,58	280,13	359,29	375,01	451,14	519,53	„ 28 „ 29 „	509,49	557,84	594,52
„ 29 „ 30 „	129,04	202,21	279,24	357,43	357,43	432,92	500,91	„ 29 „ 30 „	487,93	537,16	574,51
„ 30 „ 31 „	128,91	201,81	278 27	355,41	340,11	414,93	482,50	„ 30 „ 31 „	466,53	516,65	554,67
„ 31 „ 32 „	128,77	201,38	277 21	353,22	323,05	397,19	464,32	„ 31 „ 32 „	445,32	496,35	535,06
„ 32 „ 33 „	128,63	200,90	276,05	350,85	306,23	379,71	446,39	„ 32 „ 33 „	424,24	476,20	515,62
„ 33 „ 34 „	128,45	200,38	274,80	348,27	289,70	362,47	428,71	„ 33 „ 34 „	403,37	456,26	496,40
„ 34 „ 35 „	128,28	199,80	273,42	345,50	273,42	345,50	411,28	„ 34 „ 35 „	382,67	436,54	477,41
„ 35 „ 36 „	128,08	199,18	271,94	342,51	257,43	328,80	394,11	„ 35 „ 36 „	362,17	417,03	458,65
„ 36 „ 37 „	127,87	198,50	270,33	339,28	241,68	312,36	377,20	„ 36 „ 37 „	341,85	397,72	440,12
„ 37 „ 38 „	127,62	197,76	268,57	335,81	226,22	296,18	360,56	„ 37 „ 38 „	321,72	378,65	421,83
„ 38 „ 39 „	127,36	196,94	266,68	332,09	211,01	280,26	344,19	„ 38 „ 39 „	301,79	359,79	403,78
„ 39 „ 40 „	127,08	196,06	264,62	328,09	196,06	264,62	328,09	„ 39 „ 40 „	282,04	341,15	385,99
„ 40 „ 41 „	126,77	195,11	262,41		181,39	249,25	312,28	„ 40 „ 41 „	262,46	322,72	368,44
„ 41 „ 42 „	126,43	194,06	260,01		166,97	234,14	296,72	„ 41 „ 42 „	243,08	304,53	351,15
„ 42 „ 43 „	126,06	192,93	257,44		152,81	219,30	281,44	„ 42 „ 43 „	223,85	286,54	334,10
„ 43 „ 44 „	125,66	191,71	254,66		138,89	204,71	266,42	„ 43 „ 44 „	204,80	268,77	317,31
„ 44 „ 45 „	125,21	190,37	251,69		125,21	190,37	251,69	„ 44 „ 45 „	185,89	251,22	300,77
„ 45 „ 46 „	124,73	188,94				176,29	237,22	„ 45 „ 46 „		233 85	284,49
„ 46 „ 47 „	124,21	187,37				162,45	223,02	„ 46 „ 47 „		216,67	268,43
„ 47 „ 48 „	123,63	185,69				148,86	209,07	„ 47 „ 48 „		199 67	252,62
„ 48 „ 49 „	123,01	183,87				135,49	195,37	„ 48 „ 49 „		182,83	237,02
„ 49 „ 50 „	122,34	181,92				122,34	181,92	„ 49 „ 50 „		166,12	221,65
„ 50 „ 51 „	121,60						168,70	„ 50 „ 51 „			206,48
„ 51 „ 52 „	120,80						155,70	„ 51 „ 52 „			191,51
„ 52 „ 53 „	119,93						142,93	„ 52 „ 53 „			176,69
„ 53 „ 54 „	118,99						130,36	„ 53 „ 54 „			162,04
„ 54 „ 55 „	117,98						117,98	„ 54 „ 55 „			147,52

ASSURANCES A EFFET DIFFÉRÉ

(Sans examen médical et prenant cours 2 ans après le premier versement de prime)

Montant du capital assuré par des versements mensuels de **1 franc**

ASSURANCES MIXTES								ASSURANCES VIE ENTIÈRE			
AGE DE L'ASSURÉ	TARIF Vbis Capital assuré par un contrat d'une durée de				TARIF VIbis Capital assuré par un contrat finissant à			AGE DE L'ASSURÉ	TARIF VIbis Montant du capital assuré les primes viagères cessant d'être payables à		
	10 ans	15 ans	20 ans	25 ans	55 ans	60 ans	65 ans		55 ans	60 ans	65 ans
De 16 à 17 ans	131,81	208,70	292,28	381,40	622,70	709,23	785,11	De 16 à 17 ans	808,68	848,94	879,47
„ 17 „ 18 „	131,70	208,43	291,72	380 33	60[illegible],70	686,58	762,02	„ 17 „ 18 „	783,17	824,12	855,18
„ 18 „ 19 „	131,68	208,32	291,41	379,65	579,89	665,31	740,53	„ 18 „ 19 „	759,38	801,11	832,77
„ 19 „ 20 „	131,64	208,20	291,08	378,91	559,28	644,21	719,18	„ 19 „ 20 „	735,69	778,23	810,48
„ 20 „ 21 „	131,61	208,06	290,72	378,10	538,89	623,30	698,00	„ 20 „ 21 „	712,07	755,39	788,27
„ 21 „ 22 „	131,56	207,92	290,32	377,20	518,73	602,59	676,98	„ 21 „ 22 „	688,57	732,71	766,19
„ 22 „ 23 „	131,52	207,75	289,88	376,23	498,81	582,08	656,15	„ 22 „ 23 „	665,15	710,12	744,22
„ 23 „ 24 „	131,48	207,58	289,40	375,16	479,11	561,80	635,50	„ 23 „ 24 „	641,83	687,62	722,35
„ 24 „ 25 „	131,43	207,38	288,88	374,00	459,69	541,74	615,07	„ 24 „ 25 „	618,67	665,30	700,67
„ 25 „ 26 „	131,37	207,16	288,32	372,73	440,51	521,91	594,83	„ 25 „ 26 „	595,63	643,11	679,13
„ 26 „ 27 „	131,31	206,93	287,70	371,36	421,60	502,32	574,84	„ 26 „ 27 „	572,77	621,12	657,80
„ 27 „ 28 „	131,24	206,68	287,01	369,86	402,94	482,99	555,07	„ 29 „ 28 „	550,07	599,30	636,64
„ 28 „ 29 „	131,17	206,40	286,27	368,24	384,58	463,91	535,55	„ 28 „ 29 „	527,53	577,64	615,6
„ 29 „ 30 „	131,09	206,09	285,46	366,47	366,47	445,09	516,28	„ 29 „ 30 „	505,19	556,21	594,9
„ 30 „ 31 „	130,99	205,75	284,58	364,55	348 64	426,55	497,25	„ 30 „ 31 „	482,99	534,95	574,3
„ 31 „ 32 „	130,90	205,39	283,62	362,45	331,10	408,26	478,49	„ 31 „ 32 „	461,02	513,91	554,0
„ 32 „ 33 „	130,79	204,99	282,56	360,20	313,84	390,27	460,00	„ 32 „ 33 „	439,22	493,10	533,9
„ 33 „ 34 „	130,68	204,54	281,42	357,75	296,86	372,55	441,79	„ 33 „ 34 „	417,66	472,52	514,1
„ 34 „ 35 „	130,55	204,07	280,17	355,10	280,17	355,10	423,85	„ 34 „ 35 „	396,29	452,16	494,5
„ 35 „ 36 „	130,41	203,54	278,82	352,25	263,77	337,95	406,20	„ 35 „ 36 „	375,12	432,05	475,23
„ 36 „ 37 „	130,25	202,97	277,35	349,17	247,63	321,07	388,84	„ 36 „ 37 „	354,16	412 16	456,17
„ 37 „ 38 „	130,09	202,34	275,75	345,86	231,79	304,48	371,77	„ 37 „ 38 „	333,42	392,53	437,38
„ 38 „ 39 „	129,90	201,66	274,02	342,30	216,22	288,18	354,99	„ 38 „ 39 „	312 86	373,12	418,83
„ 39 „ 40 „	129,70	200,92	272,15	338,49	200,92	272,15	338,49	„ 39 „ 40 „	292,51	353,96	400,58
„ 40 „ 41 „	129,49	200,12	270,13		185,90	256,40	322,28	„ 40 „ 41 „	272,34	335,03	382,5
„ 41 „ 42 „	129,24	199,24	267,94		171,14	240,93	306,36	„ 41 „ 42 „	252,36	316,33	364,8
„ 42 „ 43 „	128,98	198,29	265,58		156,64	225,73	290,73	„ 42 „ 43 „	232,54	297,87	347,4
„ 43 „ 44 „	128,69	197,25	263,05		142,39	210,80	275,38	„ 43 „ 44 „	212,88	279,62	330 24
„ 44 „ 45 „	128,38	196,12	260,31		128,38	196,12	260,31	„ 44 „ 45 „	193,35	261,57	313,32
„ 45 „ 46 „	128,04	194,90				181,69	245,51	„ 45 „ 46 „		243,73	296,67
„ 46 „ 47 „	127,67	193,57				167,51	230,99	„ 46 „ 47 „		226,05	280,25
„ 47 „ 48 „	127,25	192,15				153,56	216,73	„ 47 „ 48 „		208,54	264,06
„ 48 „ 49 „	126,81	190,59				139,84	202,71	„ 48 „ 49 „		191,18	248,11
„ 49 „ 50 „	126,33	188,92				126,33	188,92	„ 49 „ 50 „		173,93	232,37
„ 50 „ 51 „	125,81						175,38	„ 50 „ 51 „			216,82
„ 51 „ 52 „	125,23						162,05	„ 51 „ 52 „			201,44
„ 52 „ 53 „	124,61						148,92	„ 52 „ 53 „			186,21
„ 53 „ 54 „	123,93						135,98	„ 53 „ 54 „			171,10
„ 54 „ 55 „	123,20						123,20	„ 54 „ 55 „			156,08

En ce qui concerne particulièrement les nouvelles assurances collectives, pour le paiement des frais de funérailles et de dernière maladie, dont les tarifs ont été donnés plus haut la Caisse d'Assurances a élaboré et publié un règlement formant contrat entre elle et les sociétés mutualistes d'assurances.

Le règlement spécifie que les sociétés s'engagent à ne pas présenter à l'assurance des personnes ne jouissant pas d'une bonne santé, ou se livrant à la boisson.

Toute société, par le fait qu'elle contracte des assurances collectives sur la tête de ses membres, s'engage à se conformer au règlement ; au point de vue de ses rapports avec la Caisse d'Assurances, elle est réputée « preneur et bénéficiaire de l'assurance » aussi longtemps que l'assuré continue à en faire partie en qualité de membre effectif. La société s'oblige à payer régulièrement les primes d'assurance à leur échéance, et c'est contre son acquit que les capitaux assurés sont liquidés.

Les contrats d'assurance ne sont conclus que périodiquement, le 1er janvier et le 1er juillet, pour des raisons de simplification et d'économie de gestion administrative.

Chaque société reçoit un livret collectif sur lequel on inscrit le nom des affiliés et, pour chacun d'eux, le capital assuré, le nombre de primes à payer, le montant du versement initial, l'année du dernier paiement de prime (assurances vie entière) ou la dernière année d'assurance (assurances temporaires). Les versements sont aussi inscrits sur ce livret.

Dans les deux mois qui suivent le versement de la première prime (assurances vie entière) ou de la prime unique (assurances temporaires) il est délivré aux affiliés par l'intermédiaire de la société des polices individuelles.

Lorsqu'un assuré passe dans une autre société, sa police d'assurance y est transférée ; en cas de démission une police entièrement libérée, et éventuellement réduite, lui est remise.

Les formalités relatives au paiement des sommes assurées sont réduites au minimum. Après production de la police individuelle, d'un extrait sur papier libre de l'acte de décès, extrait délivré gratuitement, et d'un certificat de profession et de décès dressé par la société, la Caisse d'Assurances émet immédiatement un mandat payable contre l'acquit des personnes qui ont qualité pour donner quittance au nom de la société.

La Caisse d'Assurances fournit aux sociétés les imprimés qui leur sont nécessaires pour l'affiliation de leurs membres, les versements de primes et la liquidation des polices. Les corres-

pondances ordinaires entre la Caisse et les sociétés jouissent de la franchise postale.

La cheville ouvrière des nouvelles assurances doit être la mutualité ; c'est grâce à son action intelligente, dévouée et désintéressée, que les bienfaits de l'assurance sur la vie pénètreront dans la masse de plus en plus profondément. Travaillant en commun, unissant leurs efforts, la Caisse d'Assurances qui ne poursuit aucun profit pécuniaire, voire le plus licite, et la mutualité dont la mission est de se dévouer gratuitement à l'amélioration sociale des classes laborieuses, peuvent obtenir d'excellents résultats.

Il faut espérer que non seulement au point de vue de la propagande d'une saine prévoyance, mais aussi à celui d'un meilleur appui donné à l'assurance sur la vie par les pouvoirs publics, les dernières initiatives de la Caisse d'Assurances n'auront pas été inutiles.

C. Beaujean.

BIBLIOGRAPHIE

I

I. — Calcul numérique, par R. de Montessus et R. d'Adhémar, Docteurs ès sciences mathématiques ; 1 vol. in-18 jésus de 250 pages.

II. — Calcul mécanique, par L. Jacob, Ingénieur général d'Artillerie navale ; 1 vol, in-18 jésus de 412 pages. (Ouvrages faisant partie de la *Bibliothèque de Mathématiques appliquées* de l'*Encyclopédie scientifique*). — Paris, Doin, 1911.

Dans l'Avertissement d'ensemble placé en tête de la *Bibliothèque de Mathématiques appliquées* de l'*Encyclopédie scientifique*, le directeur de cette Bibliothèque, M. d'Ocagne, définit comme suit l'objet de la section consacrée à la pratique du calcul :

« L'exécution des calculs numériques joue, dans un très grand nombre de techniques, un rôle aujourd'hui primordial. On doit s'efforcer de la rendre aussi rapide et aisée que possible, en l'appropriant exactement au degré d'approximation que l'on recherche, et en écartant, autant que faire se peut, les chances d'erreurs. L'étude des méthodes à suivre à cet effet, formant une sorte de prolongement des mathématiques pures, mérite d'être considérée comme une science à part, celle du calcul proprement dit, dont les principes sont de la plus haute utilité pour tous ceux qui, dans un ordre d'application quelconque, ont à exécuter sur des nombres des opérations plus ou moins compliquées.

» L'effort du calculateur a pu d'ailleurs être largement soulagé grâce à l'intervention de procédés soit *graphiques*, soit *mécaniques*, de formes très diverses. Ces différents modes de calcul constituent aujourd'hui, à côté des méthodes purement numé-

riques, des disciplines autonomes comportant des exposés d'ensemble spéciaux que l'on trouvera dans la première section de cette bibliothèque. »

C'est, on le sait, M. d'Ocagne qui s'est chargé lui-même du *Calcul graphique,* auquel il a joint le nouveau corps de doctrine constitué par ses propres travaux sous le nom de *Nomographie* (1). Les deux nouveaux volumes, consacrés l'un au *Calcul numérique* proprement dit, l'autre au *Calcul mécanique*, complètent, avec le précédent, un Traité général de calcul embrassant tout l'ensemble des procédés utilisés en pratique. C'est donc, en quelque sorte, une petite Encyclopédie sur cette matière spéciale que forme, au sein de la grande, la réunion de ces trois volumes.

I. — Les procédés ordinaires du calcul numérique sont exposés, dans le premier des volumes ici analysés, en ce qui concerne les opérations arithmétiques et la résolution des équations algébriques et transcendantes, par M. de Montessus, en ce qui concerne les quadratures et l'intégration des équations différentielles, par M. d'Adhémar. Les auteurs n'ont pas eu à exposer les théories d'où dérivent ces procédés, réservées pour une autre Bibliothèque de l'Encyclopédie, mais simplement à formuler d'une façon systématique, en les illustrant de nombreux exemples, les règles à suivre pour l'application de ces procédés.

Dans les Traités d'algèbre ou d'analyse où sont établis les principes sur lesquels sont fondées ces règles, celles-ci ne sont pas toujours dégagées de façon suffisamment explicite. Il y avait un sérieux intérêt à les mettre nettement en évidence, de façon à les placer, en quelque sorte, immédiatement sous la main du technicien qui aura besoin de s'en servir. Telle est la tâche qu'ont accepté de remplir les deux savants professeurs de la Faculté libre des sciences de Lille.

Après quelques rapides indications, au reste suffisantes dans la pratique, sur les opérations abrégées et les approximations numériques, M. de Montessus s'attache surtout, dans la partie qui lui a été confiée, au calcul des racines des équations numériques. D'une façon originale, il y a résumé les principales méthodes modernes, y compris même les travaux les plus récents; et, sans doute, les procédés opératoires relatifs à cette question n'avaient-ils pas encore été décrits dans leur ensemble d'une

(1) Voir le compte-rendu bibliographique de cet ouvrage dans la livraison d'avril 1908 de la Revue (p. 615).

façon aussi complète et aussi soignée. Nous signalerons, en particulier, la façon très heureuse dont l'auteur présente la méthode des substitutions successives en lui donnant une portée entièrement générale.

La seconde partie du volume est consacrée par M. d'Adhémar à l'intégration numérique. Voici ce qu'il faut entendre par là : toute intégrale n'est pas, comme on sait, exprimable analytiquement sous forme finie. Si cette expression analytique de l'intégrale ne peut être formée ou même si elle est de forme trop peu simple pour se prêter aisément à la mise en nombres, le problème se pose d'obtenir, par des méthodes approchées, la valeur numérique de cette intégrale, de même que le calcul numérique des racines des équations se peut effectuer sans que l'on sache résoudre algébriquement ces équations, ou que l'on veuille se servir des formules trop compliquées traduisant cette résolution algébrique. En ce qui concerne les quadratures, le problème est, depuis longtemps, résolu par les méthodes de Simpson, de Cotes (perfectionnée de nos jours par M. Mansion), de Gauss, que l'auteur expose avec exemples à l'appui.

La recherche d'un procédé analogue pour les équations différentielles ou aux dérivées partielles est beaucoup plus récente ; elle a été poussée principalement par M. Runge et, à sa suite, par divers autres géomètres, notamment M. Gans. L'auteur expose, sous une forme sommaire, l'essentiel des procédés opératoires auxquels ces savants ont abouti.

A titre de digression, M. d'Adhémar est amené à dire quelques mots des fonctions implicites et de l'application du principe qui en permet le calcul par approximations successives aux équations algébriques et transcendantes.

Toutes ces questions sont d'un haut intérêt et l'on ne peut que regretter que l'auteur, par une crainte sans doute exagérée de dépasser les limites qui lui étaient assignées, ait un peu trop écourté certaines parties de son exposé.

II. — Ainsi que M. Jacob le rappelle dans son Introduction, « c'est dans les conférences faites en 1893 au Conservatoire des Arts et Métiers, par M. d'Ocagne, que l'on trouve pour la première fois une classification méthodique et une description d'ensemble des procédés mécaniques de calcul », classification qui a servi à fixer le cadre du volume sur le *Calcul simplifié* où ont été réunies ces conférences, et qui, d'ailleurs, ne s'appliquait qu'aux

procédés relatifs aux calculs arithmétiques et à la résolution des équations.

Cette classification, adoptée depuis lors dans l'article *Calculs numériques* de l'*Encyclopédie des sciences mathématiques* (rédigé en allemand par M. Mehmke, adapté en français par M. d'Ocagne), est encore conservée ici par M. Jacob qui y a joint une importante partie nouvelle concernant l'intégration mécanique. De là, dans le volume qui nous occupe, trois parties principales :

Appareils arithmétiques ;

Appareils algébriques ;

Intégrateurs.

En suivant donc la classification de M. d'Ocagne, la première partie passe successivement en revue les *instruments* faisant les calculs rigoureux (additionneurs et multiplicateurs, notamment ceux de Néper et de Genaille) ; les *machines* faisant les calculs rigoureux [machines à addition, avec ou sans touches, à multiplication par additions successives au moyen de cylindres cannelés (Leibniz, Thomas, Tchebichef, etc.), de roues dentées (Odhner et succédanées), de contacts intermittents (Grant, Selling, etc.) ; à multiplication directe (Bollée)] ; les appareils faisant les calculs approchés et notamment les règles, cercles et cylindres à calcul.

La seconde partie contient de même la description des machines à différences (Scheutz, Wiberg) ; des procédés mécaniques de résolution des équations, fondés sur l'emploi de tiges articulées (Segner, Kempe), de fléaux équilibrés (Bérard et Lalanne, Exner, Grant), de divers dispositifs hydrostatiques (Meslin, Demanet, Ensch) ou électriques (F. Lucas, A. Wright) ; des appareils destinés à la résolution des systèmes d'équations linéaires simultanées (Lord Kelvin, Guarducci, Veltmann) ; des machines dites analytiques propres à traduire mécaniquement des relations algébriques ou même transcendantes quelconques (Babbage, Torres).

La plupart de ces descriptions entrent davantage dans le détail mécanique que celles précédemment données par M. d'Ocagne, qui visaient à une plus large vulgarisation. Quelques-uns des points abordés par M. Jacob ne l'avaient d'ailleurs pas été par le précédent auteur, soit qu'ils fussent considérés par lui comme échappant au cadre qu'il s'était tracé (tels, les procédés de résolution hydrostatique et électrique des équations), soit qu'ils n'aient vu le jour qu'à la suite de recherches postérieures à l'apparition du *Calcul simplifié ;* c'est notamment le cas pour la

curieuse méthode électro-mécanique de M. Torres, dont le savant ingénieur espagnol a communiqué le principe à l'auteur au cours même de la publication de l'ouvrage, et qui promet de se montrer d'une étonnante fécondité.

Mais c'est la troisième partie, occupant à elle seule la moitié du livre, qui en constitue le côté de beaucoup le plus original. La question des intégrateurs n'avait pas encore, que nous sachions, fait l'objet d'un exposé aussi complet. Elle est, au reste, particulièrement familière à M. Jacob, qui, ainsi que nous allons le voir, y a apporté une fort importante contribution personnelle.

L'auteur, qui distingue, parmi les intégrateurs, les *simples* et les *composés*, suivant qu'ils s'appliquent à la détermination d'une quadrature ou à l'intégration d'une équation différentielle, les répartit en deux classes d'après la forme sous laquelle s'offre le résultat : s'ils fournissent, par la lecture d'une graduation, la valeur numérique de l'intégrale cherchée, ils sont dits des *intégromètres ;* s'ils tracent la courbe représentative de cette intégrale, des *intégraphes*.

L'auteur commence par dégager les principes cinématiques sur lesquels reposent ces divers appareils, dont les plus essentiels sont ceux qui se rapportent à l'emploi de la roulette intégrante et de la lame coupante. Il consacre ensuite deux sections respectivement aux intégrateurs simples et aux intégrateurs composés, distribués suivant une classification qui lui est personnelle.

Parmi les intégrateurs simples, viennent en premier lieu les intégrateurs à tige de longueur constante, dont le prototype est le planimètre d'Amsler, et qui comportent un assez grand nombre de variétés (Marcel Deprez, Petersen, Stadler, Miller), sans compter les variantes du planimètre d'Amsler lui-même, résultant de divers perfectionnements y apportés par la maison Coradi, de Zurich, sous les noms de planimètre à compensation, planimètre à disque et planimètre à sphères.

L'auteur passe ensuite aux planimètres à rotation, avec roulement et glissement (Oppikofer, Gonella, Wetli, Sang, Richard, Helle-Schaw), ou roulement sans glissement (Beuvière, Maxwell, hyperbolique Stadler, roulant d'Amsler, J. Thomson). A cette catégorie d'appareils, l'auteur rattache les analyseurs harmoniques, qui font sans doute ici, pour la première fois, l'objet d'un exposé didactique, et dont il décrit, de façon complète, les types dus à Lord Kelvin, Sommerfeld et Wiechert, Henrici,

Sharp, Boucherot. Il y joint, à titre de compteur harmonique, la description du *Tide predictor* de Lord Kelvin.

Suit l'examen des planimètres à lame coupante, et notamment du planimètre de Prytz, pour lequel l'auteur a adopté l'élégante théorie du P. Poulain.

Un chapitre est réservé aux intégraphes, depuis le type originel, à fil tendu sur un cylindre tournant, proposé dès 1836 par Coriolis, jusqu'au modèle perfectionné construit par la maison Coradi, d'après le principe d'Abdank-Abakanowicz.

Puis, en une sorte d'annexe, sont décrits divers appareils sortant du cadre de la précédente classification, mais utilisant des organes mécaniques analogues, et qui sont destinés à la différenciation (Helle-Schaw), à la détermination du potentiel d'une figure plane (Amsler), à l'évaluation des aires sphériques (Amsler), à l'exécution de divers calculs arithmétiques par application du principe des intégrateurs (Stamm, Helle-Schaw, Hamann).

La deuxième section est, nous l'avons dit, consacrée aux intégrateurs composés, c'est-à-dire à l'intégration mécanique des équations différentielles. Successivement, l'auteur passe en revue les principes imaginés à cet effet par Coriolis, Amsler, Lord Kelvin, M. Pétrovitch, enfin M. Torres, dont la théorie offre un caractère absolument général.

Les deux derniers chapitres de l'ouvrage contiennent le résumé des belles recherches que M. Jacob a poursuivies lui-même depuis quelques années en vue principalement d'applications à la balistique.

Le premier d'entre eux a trait aux intégrateurs à lame coupante, imaginés par l'auteur pour l'intégration des équations, soit de Riccati (définissant la dérivée comme polynome du second degré de la fonction), soit d'Abel (la définissant comme polynome du troisième degré de la fonction). Il est, au reste, très remarquable que les valeurs critiques mobiles, qui existent dans ce second cas seulement, peuvent être déterminées au moyen de l'appareil.

Le second renferme une description sommaire d'un autre intégrateur, également inventé par l'auteur, et qui fournit la solution mécanique du problème du mouvement d'un mobile dans un milieu résistant, pour une loi quelconque de résistance de ce milieu. Cet appareil est d'ailleurs constitué, en réalité, par la réunion de trois intégrateurs, savoir : 1° un intégraphe composé, qui intègre l'équation de l'hodographe ; 2° deux intégromètres

simples disposés de façon à opérer directement sur les courbes tracées par l'intégraphe.

La rapide énumération qui précède suffira, pensons-nous, à faire entrevoir l'extraordinaire richesse des matières réunies dans ce nouveau volume de M. Jacob qui, pour la bonne ordonnance et la clarté de l'exposé, ne le cède pas à ceux que le même auteur a déjà signés dans la même collection.

Ph. du P.

II

Spezielle Ebene Kurven von Dr. Heinrich Wieleitner, Gymnasiallehrer am hum. Gymnasium Speyer. Mit 189 Figuren im Text. Leipzig. G. J. Göschen, 1908. — In-8° de xvi-409 pp. (1).

Après avoir présenté il y a quelque temps, aux lecteurs de la Revue, les *Spezielle algebraische und transzendente ebene Kurven,* de M. Loria (avril 1902, juillet 1910, avril 1911) et le *Traité des courbes spéciales remarquables planes et gauches* de M. Gomes Teixeira (janvier et octobre 1909), je me reprocherais de ne pas leur dire aujourd'hui un mot, un peu tardif il est vrai, des *Courbes planes spéciales* de M. Wieleitner. D'allure beaucoup plus modeste que les volumes de MM. Loria et Teixeira, le manuel du professeur de Spire (2) vise moins qu'eux à être complet ; mais il doit son très réel intérêt à la manière originale dont l'auteur l'a conçu. MM. Loria et Teixeira suivent le plan traditionnel : division des courbes en algébriques et transcendantes ; classification des courbes algébriques elles-mêmes, d'après le degré de leur équation. Chez M. Wieleitner rien de pareil. On a tort, à son avis, d'étudier exclusivement les courbes à l'instar de branches épanouies, issues du tronc d'un arbre, mais ne s'y réunissant plus jamais, dès qu'elles s'en sont une fois séparées ; il faut aussi les considérer de temps en temps comme formant les mailles d'un filet, reliées de tous côtés entre elles par de multiples nœuds. Transcendance des courbes, degré des courbes, voilà des considérations laissées de côté dans le plan de l'auteur, dessiné cette fois sous l'influence des méthodes de la géométrie

(1) C'est le tome LVI des Sammlung Schubert.

(2) Aujourd'hui professeur au gymnase de Pirmasenz, en Bavière.

cinématique et des coordonnées naturelles. Cette manière nouvelle d'exposer le sujet donne incontestablement lieu à une foule de rapprochements curieux et imprévus. Pour mettre mieux en lumière l'idée conductrice de M. Wieleitner, voici la traduction des grandes lignes de la table des matières. Le volume entier contient 32 chapitres groupés en 5 sections.

1e Section. Cissoïdes. 1. Définition et propriétés générales des cissoïdes. — 2. Généralités sur les podaires des coniques à centre. — 3. Lemniscates de Booth et de Bernoulli. — 4. Quartiques à trois points d'inflexion. — 5. Spiriques de Persée. — 6. Podaires de la parabole. — 7. Cissoïdes cubiques rationnelles non circulaires. Quadrature des courbes non symétriques. — 8. Deux autres types de cubiques rationnelles (Courbes normales de la parabole, comprenant comme cas particulier la cubique de Tschirnhausen ; transformation de Mac Laurin, ayant pour cas particulier la Versiera et la Quadratrice géométrique d'Ozanam).

2e Section. Conchoïdes. 9. Conchoïde ordinaire et conchoïde gauche. Principe fondamental de la géométrie cinématique. — 10. Conchoïde de la droite. — 11. Diverses courbes engendrées par des glissements (Scleifschieberbewegung). — 12. Une famille de quartiques rationnelles ayant un point double à l'infini. — 13. Conchoïdes du cercle. — 14. Ovales de Descartes. — 15. Conchoïdes des coniques. Courbes de Halphen de la 1e catégorie.

3e Section. Autres courbes engendrées par un mouvement très simple. 16. Astroïde régulière et astroïde gauche. — 17. Astroïdes projectives. — 18. Cardioïde et courbes annexes. Spirales sinusoïdales. — 19. Courbes de Steiner. Hypocycloïde à trois rebroussements.— 20. « Koppelkurve des Kurbelgetriebe ». Ce nom, créé par M. Wieleitner, n'a pas, je crois, d'équivalent français. Soit OO'PQ un quadrilatère déformable, dont les quatre côtés ont des longueurs constantes et dont les angles varient quand on maintient les points O et O' immobiles. M. Wieleitner donne au quadrilatère le nom de « Kurbelgetriebe » et à la droite PQ celui de « Koppel ». Le but du chapitre est l'étude du lieu décrit par un point L invariablement lié au « Koppel » PQ. Disons plus simplement : lieu du troisième sommet d'une équerre indéformable, dont les deux premiers sommets décrivent des circonférences de centres et de rayons donnés.

4e Section. Roulettes et en particulier les courbes cycliques. — 21. Principe fondamental de la géométrie naturelle. — 22. Théorie générale des roulettes en coordonnées naturelles. — 23. Cercle de La Hire. — 24. Cycloïdes. — 25. Trochoïdes. —

26. Roulettes de divers genres. (Évolventes supérieures du cercle ; Spirales de Sturm, de Galilée et autres ; courbes de Delaunay ; chaînette ; courbes de Ribaucourt, etc. etc.).

5e Section. La méthode de substitution des coordonnées. 27. Substitution des coordonnées naturelles et des coordonnées polaires aux coordonnées rectilignes. — 28. Courbes W. — 29. Courbes symétriques triangulaires. — 30. Radiales. — 31. Arcuïdes. — 32. Introduction aux courbes transcendantes.

Le volume de M. Wieleitner se termine par une table alphabétique des matières et des noms propres.

Les renseignements historiques et bibliographiques, sans être systématiquement omis, n'abondent pas autant, au cours de l'ouvrage, que dans le *Traité* de M. Teixeira, ni surtout que dans les *Courbes planes* de M. Loria. Les figures, bien faites, sont dessinées en traits d'épaisseurs inégales, dont quelques-uns, nettement accentués, ressortent vigoureusement au milieu des autres, d'après un procédé fort recommandable et beaucoup en vogue dans les manuels allemands.

H. Bosmans, S. J.

III

Taschenbuch für Mathematiker und Physiker unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Felix Auerbach in Jena und Rudolf Rothe in Claustal mit einem Bildnis Hermann Minkowskis. 2. Jahrgang 1911. Leipzig und Berlin, Druck und Verlag von B. G. Teubner 1911. Petit in-8° cartonné de IX-568 pp.

Le second annuaire, publié par MM. Félix Auerbach et R. Rothe, est composé avec plus de soin encore que celui de l'année 1909. C'est une espèce d'encyclopédie mathématique et physique portative, avec des notices ou mémoires, sur des questions difficiles, rédigés par des savants spécialement compétents. Pour faire connaître ce précieux recueil nous allons en donner une analyse sommaire. Nous imprimons en italiques en indiquant les auteurs des paragraphes qui nous semblent les plus remarquables.

1. *Biographie de H. Minkowski,* par Hilbert et Weyl. En huit pages, les deux auteurs font connaître non seulement l'œuvre scientifique de l'éminent arithméticien de Gœttingue, mais aussi

la forme nouvelle qu'a prise l'arithmétique supérieure depuis un quart de siècle.

2. *Astronomie.* Calendrier : lever et coucher du Soleil et de la Lune, équation du temps de janvier 1911 à février 1912 inclusivement ; constantes astronomiques ; les grosses planètes et leurs satellites ; Cérès, Eros, Hector ; les comètes périodiques. *Mémoire sur la détermination des orbites des comètes et des planètes,* par Knopf (Iéna) (23 pages).

3. *Tables numériques.* Logarithmes des nombres, des fonctions circulaires et hyperboliques. Carrés. Fonctions bessèliennes, cylindriques, exponentielle, gamma, intégrale de la théorie des erreurs.

Mathématiques. 4. *Arithmétique et algèbre.* Principes. *Ensembles,* par Hessenberg (9 pages). Combinaisons. Déterminants. Invariantologie. Théorie des équations. Suites et séries. Théories des groupes et des nombres sous forme moderne. *Le dernier théorème de Fermat,* par A. Wieferich (3 pages substantielles). Nombres transcendants.

5. *Analyse.* Calcul différentiel ; calcul intégral ; équations différentielles et aux dérivées partielles ; variations. *Théorie des équations intégrales,* par Toeplitz. Théorie générale des fonctions et en particulier des fonctions elliptiques, sphériques, bessèliennes. Séries de Fourier.

6. *Géométrie.* Éléments de géométrie et de trigonométrie. *Géométrie non euclidienne,* par H. Liebmann. Principes de géométrie projective. Géométrie analytique (point, droite, plan, coniques, quadriques, courbes et surfaces algébriques, cubiques). Géométrie différentielle.

7. *Mathématiques appliquées.* Calcul des probabilités et théorie des erreurs. Calcul des différences et interpolation. Quadratures approchées. *Théorie des assurances sur la vie,* par Ziegel. Théorie des vecteurs.

8. *Enseignement mathématique,* par Lietzmann.

9. *Mécanique,* par H. Liebmann (statique, graphostatique, cinématique, dynamique, potentiel, distribution de l'électricité statique) (34 pages).

Physique. 10. *La théorie de la relativité* en physique, par W. Wien (10 pages).

11. *Physique de la matière.* Mesures. Solides élastiques, liquides, gaz, capillarité. *Le son.*

12. *Chaleur,* y compris la thermodynamique et la théorie cinétique des gaz.

13. *Électricité et magnétisme* (Électrostatique, courants, propriétés thermiques et optiques, magnétisme, électromagnétisme).

14. *Optique,* géométrique et physique.

15. *Radioactivité,* par H. Greinacher.

16. *Électrotechnique,* par K. Simons (34 pp.).

17. *Chimie générale,* par Frédéric Auerbach (Principes ; systèmes périodiques ; solutions diluées) ; électrochimie, cinétique et statique, thermochimie) (25 pp.).

18. *Divers :* Recueils mathématiques et physiques et livres publiés en 1909 et 1910 ; nécrologie ; professeurs universitaires (allemands) ; maisons où l'on peut se procurer des appareils mathématiques ou physiques. Index (19 pages). Annonces de libraires ou de fournisseurs d'appareils scientifiques.

Les diverses sections du *Taschenbuch* contiennent, sur chaque sujet, des indications bibliographiques sommaires, des renvois à de bons manuels (parfois au *Taschenbuch* de 1909), de manière que le lecteur sache où trouver le développement ou le complément des théories résumées dans le livre. Sur maints points, surtout dans les notices ou mémoires rédigés par les spécialistes indiqués dans la liste précédente, on donne aussi des renseignements historiques sur les questions traitées.

Deux petites remarques : 1° (p. 172). Nous avons signalé dès 1909, *Mathesis,* p. 245), la connexion qui existe entre la théorie de la relativité et la géométrie non euclidienne. 2° (p. 334). Selon nous, comme nous l'avons dit en 1909 *(Mathesis,* p. 187), dA, dW sont des différentielles au même titre que dE, mais dE est, *de plus,* une différentielle d'une fonction de deux variables, tandis que dA, dW ne sont différentielles que d'une seule variable p ou v, la relation entre p et v étant supposée exister pour la transformation étudiée.

En résumé, le *Taschenbuch* de 1911, comme celui de 1909, est, dans son genre, un recueil de premier ordre, que nous recommandons avec confiance, à la fois aux mathématiciens et physiciens, qu'ils soient professeurs ou étudiants.

P. M.

IV

Ueber die Theorie des Kreisels, par F. Klein et A. Sommerfeld : 1er fascicule (chap. I-III, pp. 1-196), 1897 ; 2me fasc. (chap. IV-VI, pp. 197-512), 1899 ; 3me fasc. (chap. VII-VIII, pp. 513-759), 1903 ; 4me fasc. (chap. IX, pp. 760-966). In-8°. Leipzig, Teubner.

Cet ouvrage magistral, dont nous ne pouvons dire ici que quelques mots, doit son origine à quelques leçons données par Félix Klein à l'Université de Göttingen pendant le semestre d'hiver 1895-1896, mais en fait contient bien plus que le résumé de ces leçons. Arnold Sommerfeld a mis à profit les idées de Klein : en augmentant considérablement la portée de son enseignement — surtout au point de vue des applications — il a rédigé cette magnifique monographie de la *Toupie*.

Le but que se sont proposé les deux auteurs est surtout de combattre la tendance qu'a l'enseignement de la Mécanique en Allemagne (et hélas aussi en France et en Belgique) de prendre une forme purement et exclusivement abstraite qui nuit considérablement à la compréhension rapide et nette des lois et des méthodes de cette science, et qui contribue beaucoup à faire perdre à cette dernière le caractère *intuitif* que doit, de toute nécessité, posséder une branche — la plus fondamentale — de la Physique.

Quant au fond de l'ouvrage, nous mentionnerons tout particulièrement la considération systématique du vecteur « impulsion », introduite par Poinsot et Kelvin, qui rend l'étude du mouvement du corps solide autour d'un point fixe aussi simple que celle du point matériel et permet d'établir un parallèle saisissant entre ces deux problèmes fondamentaux de la Dynamique du corps solide.

Mais la partie *analytique* de la théorie, loin d'être sacrifiée, occupe une part très notable du livre. A son sujet, nous mentionnerons spécialement la considération d'une surface de Riemann (chap. VI) à propos de l'intégration, par les fonctions thêta, des équations différentielles du problème de Poisson.

Comme pages d'applications particulièrement intéressantes nous signalerons celles relatives aux réactions d'inertie (chap. III, §§ 4-8) ; à l'explication qualitative du mouvement bien connu de l'axe de la *toupie gyroscopique* (chap. IV, §§ 1-2) ; à l'analyse et

à la critique des explications élémentaires du même mouvement (chap. V, § 3) ; à l'explication simple des phénomènes de précession et nutation luni-solaire (chap. VIII, A) et de variation des latitudes (chap. VIII, B) ; enfin à toutes les applications techniques du gyroscope : monorails, torpilles, navires, aéroplanes, boussoles, etc. (chap. IX).

Nous sommes convaincu que cet ouvrage produira des fruits excellents.

H. Janne.

V

Astronomie Cambodgienne, par F. G. Faraut, Saïgon, F. H. Schneider, 1910. Un vol. in-8° de 283 pages et une reproduction du zodiaque de Khmer, hors texte.

Le volume de M. Faraut paraît sous le haut patronage de Sa Majesté Sisowath, roi du Cambodge ; de M. Luce, résident supérieur de la République française au Cambodge ; de la Société des Études Indo-chinoises, qui l'ont honoré de leur appui pécuniaire. La dédicace est signée de Phnôm-Penh (Cambodge), le 1r juillet 1910.

L'auteur n'a pas voulu traduire un traité d'astronomie cambodgienne, nous dit-il, parce que les ouvrages authentiques dont se servaient les anciens Khmers n'existent plus. Ceux qu'on peut se procurer sont des copies incomplètes, mal transcrites, non sans erreurs, exposées enfin suivant des formules énigmatiques dont le vrai sens est difficile à deviner.

M. Faraut en a compulsé plusieurs avec l'aide d'un savant indigène d'une compétence spéciale. Cet examen lui a montré que ces traités d'astronomie ont en réalité pour but l'astrologie, toujours en grand honneur chez les Khmers.

Quelle est la valeur de ces anciens traités ? Le problème n'est pas dénué d'importance, mais M. Faraut a reculé, nous dit-il encore, devant la difficulté de la solution. L'aveu a le mérite d'être sincère et loyal. Pour connaître l'astronomie khmère, l'auteur, laissant là les vieux livres, a préféré suivre un cours de cette science, sous la direction du hora royal Daung.

Hora signifie astronome ou astrologue. Le hora Daung, professeur de M. Faraut, est considéré au Cambodge comme un

grand savant. Attaché au palais, il est chargé de dresser le calendrier de chaque année ; de prédire les événements intéressant la vie du peuple, notamment l'agriculture, par exemple les inondations, les grandes pluies, les sécheresses, etc. etc. ; d'annoncer par mois, jours, heures et minutes, les éclipses du Soleil et celles de la Lune.

C'est par de véritables calculs, basés sur le mouvement des astres et leurs positions relatives dans le ciel, que le hora opère. Il le fait, nous assure M. Faraut, d'après de très anciennes formules ; mais ces formules le hora ne saurait les expliquer. J'appelle de nouveau l'attention sur la franchise de cet aveu.

Les résultats obtenus par le hora Daung sont assez approximativement exacts, paraît-il ; du moins pour le mouvement général des astres, la détermination du nouvel an, les éclipses du Soleil et celles de la Lune.

Ici j'éprouve quelque difficulté à expliquer clairement le but poursuivi par M. Faraut et les circonstances dans lesquelles il écrit ; je préfère lui passer la plume. En essayant de les exposer moi-même je craindrais de mériter le reproche de mal rendre les nuances de sa pensée.

« Mon étude, dit-il, poursuivie pendant les années 1880 et 1881, m'a permis de me rendre bien compte des connaissances des Khmers de nos jours, d'en prendre des notes détaillées, laissant de côté tout ce qui concerne l'astrologie.

» A cette époque, j'avais en vue, pour 1884, un voyage en France, pendant lequel je me proposais de soumettre ces notes à l'examen de quelque astronome français et de les publier s'il y avait lieu. Mais, à mon arrivée en France, il me fut impossible de les retrouver ; toutes mes recherches furent vaines, elles avaient disparu.

» Revenu à Phnôm-Penh, en 1886, je voulus refaire cette étude, et grâce au hora Daung, qui de nouveau me donna des leçons, j'obtins un travail plus intéressant que le premier.

» Il ne me restait donc plus qu'à revoir ces notes pour les publier. J'entrepris cette tâche à plusieurs reprises, mais sans pouvoir atteindre le but désiré. Mes connaissances en astronomie étaient insuffisantes. Je le reconnus et force me fut de laisser tout en l'état, attendant une occasion favorable, le concours d'une personne compétente en la matière, pour la reprendre et l'achever.

» Des années s'écoulèrent depuis et je n'y songeais presque plus, lorsque j'appris qu'un fonctionnaire français avait fait tra-

duire, par ses interprètes indigènes, des extraits d'un satras traitant de l'astronomie khmère et qu'il allait les publier.

» Dans la crainte d'être devancé, pour ne pas perdre le prix de mon labeur, je me remis aussitôt au travail, décidé à faire le résumé de mes notes, avec les explications que je pouvais en donner, laissant le soin de mieux les commenter à ceux plus compétents que moi, qui trouveront quelque intérêt à cette étude, basée sur les données des Khmers, et dont tous les calculs contrôlés par le hora sont absolument exacts.

» C'est ce travail que je présente aujourd'hui au lecteur : il comprend non seulement mes notes de 1886, mais celles de 1880 et 1881 que j'ai été assez heureux de retrouver. »

On ne peut équitablement demander à un auteur que ce qu'il prétend donner, surtout quand il y met la modestie de M. Faraut. Il n'est pas astronome, nous dit-il ; nous en prendrons acte. Il n'a pas non plus de grandes prétentions comme historien. Mais voilà ce qui donne à son travail un caractère insolite, bien propre à embarrasser celui qui est obligé d'en rendre compte.

L'intérêt de l'*Astronomie Cambodgienne* de M. Faraut est incontestable ; mais cet intérêt provient tout entier des éclaircissements qu'elle semble appelée à projeter sur certains coins obscurs de l'ancienne astronomie indienne. L'histoire de cette astronomie, beaucoup étudiée, a donné lieu à des écrits nombreux. M. Faraut les ignore. Du *Traité de l'astronomie indienne et orientale,* par Bailly (Paris, 1787), des *Études sur l'astronomie indienne et sur l'astronomie chinoise,* par J.-B. Biot (Paris, 1862), de l'*Historical view of the Hindu astronomy,* par John Bentley (Londres, 1825), de l'*Hindu astronomy,* par W. Brennand (Londres, 1896), il ne nous dit pas un mot.

Outre son professeur, le hora Daung, M. Faraut cite une seule autorité : l'*Astronomie Indienne,* par l'abbé Guerin (Paris, 1847). Pourquoi ne pas s'en tenir plutôt au hora Daung ? La deuxième autorité, dans les circonstances où M. Faraut nous la donne, est presque déconcertante. L'*Astronomie indienne* de l'abbé Guerin a eu, je le sais, son heure de célébrité ; célébrité très méritée, je le veux bien, mais éphémère. Le succès de l'abbé Guerin provenait surtout des quelques extraits du *Sûrya-Siddhânta,* dont son volume révélait, pour ainsi dire, l'importance au monde savant. Mais depuis lors, le texte sanscrit entier du *Sûrya-Siddhânta* a été publié, en 1859, à Calcutta, par F. E. Hall. L'année suivante, Ebenezer Burgess en donnait à New Haven, en Amérique, une version anglaise et l'accompagnait d'un commentaire

magistral (1). MM. Hall et Burgess firent, cela va de soi, rejeter au second plan, pour ne pas dire tomber dans l'oubli, l'*Astronomie Indienne* de l'abbé Guerin. L'*Astronomie Cambodgienne* de M. Faraut sera certainement comparée à celle du *Sûrya-Siddhânta* ; ce deviendra même probablement son intérêt principal ; mais cette comparaison se fera avec le texte complet, et non pas avec les quelques bribes qu'on trouve chez l'abbé Guerin.

Cette critique me semblait indispensable, mais je ne veux pas m'y arrêter davantage. En terminant je préfère appuyer une dernière fois sur les qualités de l'*Astronomie Cambodgienne* de M. Faraut. Elle constitue un document très curieux, à signaler à l'attention de tous les savants qui étudient l'histoire de l'astronomie indienne.

H. Bosmans, S. J.

VI

Quelques heures dans le Ciel, par l'Abbé Th. Moreux, Directeur de l'Observatoire de Bourges. Illustrations d'après les dessins et photographies de l'auteur. Un vol. gr. in-8° de 137 pp., s. d. — Paris, Arthème Fayard.

Le nom et les écrits de M. l'Abbé Moreux sont trop connus de nos lecteurs pour qu'il soit besoin d'en faire ici l'éloge. On se rappelle la brillante conférence qu'il donna, en avril 1910, à la Société scientifique de Bruxelles, sur le Soleil ; ceux qui n'eurent pas la bonne fortune de l'entendre ont eu du moins la satisfaction de la lire, dans cette Revue, au mois d'octobre suivant. Le Soleil est en effet l'objet de l'étude de prédilection du savant astronome qui, de l'Observatoire qu'il a construit lui-même à Bourges, suit de près, et pour ainsi dire pas à pas, les grandioses phénomènes dont cet astre est le théâtre.

(1) *Translation of the Sûrya-Siddhânta, a text-book of Hindu astronomy : with notes, and an appendix, containing additional notes and tables, calculations of eclipses, a stellar map, and indexes.* By Rev. Ebenezer Burgess, formerly missionary of the A. B. C. F. M. in India ; assisted by the committee of publication of the American Oriental Society. New Haven, E. Hayes, MDCCCLX.

Cet ouvrage forme le vol. VI du Journal of the American Oriental Society, année 1860.

Mais l'observation de ce qui se passe sur le Soleil n'absorbe pas tellement les soins et l'attention de M. Moreux qu'il ne les étende aussi aux autres astres dont est peuplée l'immensité des espaces. De plus, cet auteur joint, à une science approfondie, une aptitude extraordinaire pour mettre à la portée des intelligences les moins préparées, la substance, le résultat des recherches antérieures et des connaissances récemment acquises.

Les *Quelques heures dans le Ciel* qu'il offre aujourd'hui aux esprits cultivés, même les plus étrangers à la physique céleste, représentent un merveilleux voyage dans les plaines sidérales, parcourues à la vitesse de la lumière, soit à 300 000 kilomètres ou 75 000 lieues à la seconde. Les véhicules dont se sert l'auteur pour nous entraîner à ce fantastique voyage ne sont autres que son équatorial ou son télescope guidant notre rayon visuel et aidés, au besoin, du spectroscope et de la rétine photographique. Auparavant, il commence par poser « la grande énigme » et, en une langue où la poésie rivalise avec la science, il se demande ce que représente cette voûte étincelante, ces espaces sans fin peuplés de millions et de millions d'étoiles parmi lesquelles notre Soleil, avec le cortège qui l'accompagne, n'est qu'une unité et non des principales ; puis il énumère une à une les planètes, de Mercure à Neptune, sans oublier, entre Mars et Jupiter, le groupe des astéroïdes.

Après cette vue d'ensemble, notre guide nous conduit d'abord à la surface du Soleil, aux gigantesques commotions de laquelle il nous fait assister, nous montrant les abîmes que révèlent les taches, les protubérances s'élançant à des centaines de mille kilomètres de hauteur, les magnificences de la couronne, et la répercussion de l'activité solaire sur le magnétisme terrestre.

Du Soleil nous passons à Mercure, ce petit globe torride, puis à Vénus, à peu près égale à la Terre, mais enveloppée d'une épaisse couche de nuages brillants qui reportent la pensée aux âges primaires de la planète que nous habitons.

Celle-ci à son tour, en tant qu'astre. Comme tel, elle subit de multiples mouvements, soit autour de son axe, incliné de 23° 27′ sur son orbite (d'où l'inégalité des jours et les saisons), soit autour du Soleil en 365 jours ; puis il y a l'oscillation de l'axe du monde autour de sa position moyenne en 18 ans et 8 mois (nutation), en 26 000 ans (précession), d'où résulte, en ce dernier nombre d'années, la description d'un cône à paroi ondulée, ayant son sommet au centre de la Terre et sa base dans l'infini des Cieux ; par là même est changée périodiquement la position

des pôles célestes. Enfin, découverte relativement récente, il y a, chaque année, un léger déplacement du pôle ne dépassant pas six dixièmes de seconde, soit une vingtaine de mètres, décrivant ainsi une sorte de spirale irrégulière autour de sa position moyenne.

Ces données d'ailleurs connues et résumées ici avec une aridité quasi technique, sont présentées par l'auteur sous une forme toute littéraire, on pourrait dire humoristique, et avec des développements par suite desquels les chiffres eux-mêmes sont revêtus d'un certain charme.

Après une courte étape sur notre globe terraqué, notre guide nous conduit dans les parages mornes et silencieux de l'astre de nos nuits, la blonde Phœbé des anciens, ce globe mort et sans atmosphère, où le jour cru et torride côtoie sans transition la nuit noire et glaciale. Nous parcourons avec lui ces vastes plaines sans eau indûment appelées mers, ces chaînes de pics abrupts, ces cirques immenses ; et de là nous gagnons la planète Mars.

Ici l'étape, ou plutôt l'escale, est particulièrement intéressante ; car le monde de Mars ressemble singulièrement au nôtre. Seulement l'atmosphère y est d'une densité très faible, en sorte que l'élément aqueux ne peut y exister qu'à l'état gazeux ou solide, vapeur, neige ou givre, jamais à l'état liquide. Mars n'est pas encore un astre mort comme la Lune, mais c'est un astre vieillissant où une végétation faible et chétive représente tout au plus les restes d'une vie qui s'éteint. Les prétendus canaux ne changent pas cet ordre de choses.

Si la petite terre de Mars nous offre un état intermédiaire entre celui de notre globe et celui de la Lune, l'énorme Jupiter, 1300 fois gros comme la Terre, nous montre un soleil éteint, la première planète formée de notre système solaire, d'après l'auteur, mais que, vu sa grosseur, le froid intersidéral n'aurait pas encore solidifiée, et comparable à l'état où se trouvait notre petit globe terrestre avant la surrection des îles et des continents primaires.

L'historique de la remise en honneur par Bode de la loi de Christian Wolf, confirmée peu après par Herschel découvrant Uranus, et dans la suite, par la découverte des planètes télescopiques comblant la lacune entre Mars et Jupiter, est littérairement traité ainsi que les travaux de Képler et de Newton, et l'invention des lunettes que devait plus tard utiliser Galilée.

Tout ce que l'on connaît jusqu'ici de Jupiter avec ses huit

satellites est exposé en un raid de dix heures autour de cet astre, sur un parcours de 400 000 kilomètres, cette planète géante étant aussi volumineuse à elle seule que toutes les autres planètes réunies.

Saturne cependant, sans parler de ses anneaux, ne le cède pas de beaucoup, relativement parlant, au volume de Jupiter, car il équivaut à 733 fois celui de notre planète. Distant du Soleil de 1425 millions de kilomètres (ou 356 240 000 lieues), — Jupiter en étant séparé par 777 millions — Saturne est donc éloigné de l'astre central par 648 millions de kilomètres de plus. C'est sur des orbites ayant pour rayon de telles distances, que les deux grosses planètes accomplissent leurs révolutions circumsolaires, la moins éloignée en 11 ans, Saturne en 29 ans. L'histoire de la découverte, ou plutôt de la reconnaissance, des fameux anneaux, n'est pas l'épisode le moins curieux du chapitre consacré à la planète qui a reçu le nom du père des dieux de la Grèce.

Une particularité commune aux deux systèmes jovien et saturnin, c'est que le dernier ou plus lointain satellite du premier et le neuvième, Phébé, du second exécutent leur révolution autour de la planète dans une direction rétrograde par rapport à celle des autres satellites et de toutes les planètes.

L'histoire de la découverte d'Uranus par William Herschel, celle de la divination, pourrait-on dire, de Neptune par le génie mathématique de Leverrier, accompagnent la description de ces deux astres.

En outre des planètes et de leurs satellites, la sphère d'attraction du Soleil est sans cesse traversée dans toutes les directions par des corps d'aspect bizarre, savoir : les Comètes, les Étoiles filantes et les Bolides. Historique et description des principales comètes, depuis celle de Halley, vue pour la première fois en 1066, jusqu'à celle de Johannesburg (janvier 1910) et au retour de celle de Halley le 31 mai 1910.

Les étoiles filantes, qui suivent les orbites d'anciennes comètes, sont le produit de la désagrégation de la partie gazeuse de celles-ci rencontrant notre atmosphère, et les bolides seraient des débris des noyaux cométaires.

M. l'abbé Moreux avait commencé son travail, on se le rappelle, en posant « la grande énigme ». Il le termine par la réponse à cette question : « Où sommes-nous? » C'est-à-dire où est la Terre que nous habitons? — Dans l'espace, parbleu! est-on tenté de répondre. — Oui, mais dans quel coin de l'espace ?

Et ici l'auteur sait présenter à l'esprit, par des exemples ingénieux et des images brillantes, les chiffres fantastiques par lesquels s'expriment les distances dès qu'on aborde l'espace céleste. Il faut toucher du doigt, pour ainsi dire, l'immensité du royaume du Soleil (dont certaines comètes dépassent même l'orbite de Neptune), l'effrayant isolement de ce groupe par rapport aux étoiles et les distances non moins effroyables de celles-ci entre elles. Sans jamais employer le mot *parallaxe,* non plus qu'aucun autre terme technique, notre habile vulgarisateur en expose le mécanisme d'une manière parfaitement claire pour qui serait étranger aux notions élémentaires de la trigonométrie.

Il nous montre les mouvements des étoiles improprement appelées fixes, la direction du mouvement du Soleil vers Véga, de la constellation la Lyre, avec tout son cortège : Terre, planètes, satellites, comètes, etc.

Nous sommes donc là où nous emmène le Soleil. Mais où nous mène-t-il ? L'auteur fait pressentir qu'il traitera cette question dans un autre ouvrage.

Au résumé, nous avons ici, mis à la portée de tous et dans un esprit parfaitement théiste et chrétien, un merveilleux traité d'astronomie physique, d'*Astrophysique,* comme on dit en Italie. Si nous ajoutons que la multitude de gravures qui en émaillent le texte, plus dix-sept hors texte, sont un régal pour les yeux en même temps que celui-ci est un régal pour l'esprit, nous aurons, je crois, rendu exactement la physionomie de *Quelques heures dans le Ciel.*

C. DE KIRWAN.

VII

PRÉCIS D'OPTIQUE, publié d'après l'ouvrage de PAUL DRUDE, refondu et complété par MARCEL BOLL. Préface de PAUL LANGEVIN, Tome I, *Optique géométrique, Optique ondulatoire.* Un vol. grand in-8° de 375 pages, avec 168 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

L'*optique géométrique,* ou l'optique des *rayons* lumineux, prend son point de départ dans ces données immédiates de l'expérience vulgaire : la lumière marche en ligne droite ; la lumière s'ajoute à la lumière, comme la matière à la matière, *arithmétiquement.*

Elle a pour bases les lois fondamentales de la réflexion et de la réfraction qu'elle applique aux miroirs et aux dioptres pour aboutir à des applications variées dont l'objet principal est la construction des instruments propres à aider la vision des objets très petits ou des objets très éloignés. Pendant longtemps, ces applications se sont bornées à des exercices de géométrie *à propos d'optique*, et dont les données, simplifiées au point de ne garder avec la réalité qu'un contact superficiel, ne pouvaient fournir d'indications vraiment utiles au progrès de l'optique technique.

Grâce surtout aux travaux d'Abbe, de Petzval, de Czapski, ... les choses ont changé de face. L'enseignement de l'optique géométrique s'est développé en profondeur, et l'optique technique constitue aujourd'hui un corps de doctrine très intéressant et d'une importance pratique capitale.

La plupart des manuels ignorent ces progrès. Dans les classiques français, en particulier, l'optique des *rayons* lumineux, quand on lui conserve son caractère *géométrique*, reste figée dans un cadre trop étroit où l'on n'admet que des perfectionnements de détails dans le mode d'exposition d'une série de questions effleurant à peine l'étude des conditions multiples auxquelles doivent satisfaire une lunette ou un microscope et la recherche méthodique des moyens de réaliser au mieux ces conditions.

D'autre part, dans ces mêmes manuels, l'*optique physique*, qui intervient au moment où s'introduit le principe des interférences, expose l'œuvre de Fresnel et de ceux qui, avec lui, ont développé la *théorie des ondulations*, mais sans souci suffisant de montrer, dans cette œuvre admirable, l'âme qui l'anime débarrassée du corps qui l'alourdit : sans dégager le caractère purement cinématique de ces théories des hypothèses mécaniques qui le voilent ; sans abstraire, en un mot, la notion d'un vecteur lumineux, transversal et périodique dans le temps et dans l'espace qui en est l'élément essentiel, des images sensibles dont Fresnel se sert pour exposer ses découvertes.

L'illustre physicien emprunte ces images aux ondulations élastiques d'un éther lumineux assimilé tantôt à un solide, tantôt à un fluide. Le rôle que jouent ces ondulations, dans sa théorie, est toujours secondaire. Il n'a rien de bien encombrant aussi longtemps qu'on se borne à l'étude des phénomènes optiques où les propriétés de la matière n'interviennent pas essentiellement ; mais il en va tout autrement dès que les conditions auxquelles

doit satisfaire le vecteur lumineux font intervenir les liaisons entre la matière et l'éther. C'est ainsi que l'étude de l'émission et de l'absorption, de la réflexion vitreuse et métallique, de la double réfraction et de la dispersion, etc., se hérisse de difficultés dès qu'on prétend la poursuivre en restant fidèle aux images de Fresnel.

Longtemps on s'est ingénié à vaincre ces difficultés et à pousser jusqu'au bout le développement de la théorie élastique de la lumière : l'insuccès de ces tentatives ne démontre peut-être pas leur impossibilité, mais on y a renoncé le jour où les travaux théoriques de Maxwell, confirmés avec éclat par l'expérience, eurent fait de l'optique un chapitre de l'électricité. On vit alors que, s'il est facile de déduire une théorie de la lumière d'une théorie de l'électricité, il n'est nullement aisé de tirer d'une théorie complète de la lumière une explication adéquate des phénomènes électriques et magnétiques, statiques et dynamiques, intimement apparentés aux phénomènes optiques. La tâche paraît même inabordable en partant de la conception de Fresnel : de fait, personne jusqu'ici n'a tenté l'entreprise.

L'*optique électromagnétique* attribue les phénomènes lumineux aux variations extrêmement rapides que subit un champ magnétique. Elle n'a pas seulement contribué à l'unification de la science, en rapprochant des phénomènes que l'on avait crus si longtemps séparés par un abîme, elle a aidé puissamment à simplifier la coordination des lois qui régissent l'ensemble de ces phénomènes.

On aurait tort toutefois d'en conclure que l'optique électromagnétique a rendu inutile l'étude de l'œuvre de Fresnel et de ses disciples, dans ce qu'elle a d'essentiel. Cette étude conserve tout son intérêt et toute sa valeur : elle restera classique non seulement pour elle-même, mais parce qu'elle est une préparation excellente à l'étude de la théorie électromagnétique. D'ailleurs, la plupart de ses conclusions et de ses résultats analytiques subsistent dans la nouvelle théorie, seule l'interprétation physique diffère.

Tel est, envisagé dans son ensemble, le domaine qu'embrasse aujourd'hui l'optique : il comprend l'*optique géométrique* développée, approfondie et aboutissant à l'*optique technique ; l'optique ondulatoire* dans sa partie qui se ramène à la considération d'un vecteur lumineux transversal et périodique dans le temps et

dans l'espace, et l'*optique électromagnétique* intervenant au moment où s'impose une hypothèse sur le lien qui rattache l'éther à la matière. Il faut y joindre l'étude du rayonnement lumineux dans ses rapports avec les principes de la Thermodynamique.

Il n'existait, à notre connaissance, aucun manuel français développant ce programme en entier et dans cet esprit avant la publication récente du *Cours de physique* de M. H. Bouasse (1) et celle du *Précis d'optique* que nous offre M. Marcel Boll.

Comme son titre l'indique, ce *Précis* est publié « d'après l'ouvrage de Paul Drude », non pas simplement traduit, mais « refondu et complété ». On ne pouvait mieux choisir son modèle.

Le *Lehrbuch der Optik* de Drude est un admirable manuel, à la fois très riche et très clair, qui comprend l'*optique géométrique* où sont exposées les lois générales et les idées directrices de l'optique technique ; l'*optique ondulatoire* consacrée aux phénomènes d'interférence, de diffraction et de polarisation, d'où se dégage la notion du vecteur lumineux transversal et périodique ; l'*optique électromagnétique* où l'on aborde les phénomènes dont l'étude exige le recours à une hypothèse sur la nature physique du vecteur lumineux ; enfin l'*optique énergétique* où l'on envisage les propriétés thermodynamiques des radiations.

C'est en 1900 que parut la première édition de ce magistral ouvrage, traduit bientôt en anglais. Les années qui suivirent furent marquées par des progrès décisifs, dus en partie à Drude lui-même : l'auteur en tint compte dans la seconde édition, publiée en 1906.

« Étant donnés le caractère nouveau et les grandes qualités de l'exposition de Drude, écrit M. Langevin, je n'ai pu qu'encourager Marcel Boll dans son projet de traduire l'Œuvre du regretté physicien allemand, et j'ai accepté de le guider dans son adaptation ; Raymond Cornubert a bien voulu se charger d'une partie de ce travail. D'ailleurs il nous a semblé nécessaire, en raison des besoins et des habitudes de l'enseignement en France, de compléter ou de modifier certaines parties du Livre.

» En optique géométrique, les additions principales sont relatives à la spectroscopie et à la mesure des indices de réfraction. Ces deux questions ont conduit à réintroduire l'étude du prisme,

(1) Quatrième partie : *Optique, étude des instruments* ; cinquième partie : *Électroptique, ondes hertziennes*. Deux volumes grand in-8° de 420 et 426 pages. Paris, Ch. Delagrave.

laissée de côté par Drude, et à développer davantage celle des réseaux en optique physique. On a traité sommairement des caustiques comme introduction à la théorie des aberrations et insisté sur la question des objectifs photographiques.

» Des modifications importantes ont été apportées dans le Chapitre sur la photométrie, pour présenter de manière plus expérimentale la conception du flux lumineux et les autres notions fondamentales d'intensité et d'éclairement.

» En optique physique, les remaniements ont porté sur l'ordre autant que sur la matière de l'exposition ; notamment, on s'y est étendu, plus que ne faisait Drude, sur l'introduction de la variable lumineuse ou du vecteur lumineux et sur la distinction essentielle introduite par Rayleigh et Gouy entre la vitesse de propagation de la phase et celle de l'amplitude, sur la vision des objets ultra-microscopiques, ainsi que sur le point délicat de la localisation des franges d'interférences, sur laquelle Camille Raveau a eu l'obligeance de nous donner des notes personnelles. »

Le *Précis d'optique* comprendra deux volumes. Le premier, le seul qui ait paru, contient, ainsi complétées, l'*optique géométrique* et l'*optique ondulatoire*, ou la partie cinématique de l'optique physique. Le tome second comprendra l'exposé de la *théorie électromagnétique* et de ses applications, ainsi que l'*optique énergétique*.

N. N.

VIII

Précis de Télégraphie sans fil, complément de l'ouvrage : *Les oscillations électromagnétiques et la Télégraphie sans fil*, par le Dr J. Zenneck, traduit de l'allemand par P. Blanchin, G. Guérard et É. Picot. Un vol. grand in-8° de 385 pages avec 331 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

L'étude de ce *Précis* suppose la connaissance de l'ouvrage qu'il complète et dont les mêmes traducteurs nous ont donné une édition française en 1908 (1) : il développe les chapitres relatifs aux oscillations rapides et met à jour tout ce qui concerne

(1) Voir la Revue des Quest. scient., 3e série, t. XXI (livraison du 20 juillet, 1908), p. 258.

la technique de la Télégraphie sans fil. Les oscillations non amorties et les oscillations excitées par impulsion sont traitées en détail dans ce nouvel ouvrage, ainsi que les questions de l'amortissement, des couplages, de la résonance et de la propagation des ondes le long de la surface terrestre, envisagées surtout en vue des applications.

L'édition française est une traduction littérale de l'édition allemande revue par l'auteur. La connaissance des mathématiques élémentaires suffit, en général, pour la lecture du texte ; celle des *Compléments théoriques*, rejetés à la fin du volume, suppose la connaissance des théories électriques et exige dès lors l'intelligence du calcul différentiel et intégral. Par contre, le texte s'appuie sur une étude préalable détaillée de l'électricité expérimentale, surtout de tout ce qui concerne les courants alternatifs usuels.

Voici un aperçu de la table des matières.

Chap. I. *Les oscillations propres des circuits à condensateur*. Excitation des oscillations propres. Fréquence. Amortissement. — Chap. II. *Les oscillateurs ouverts*. L'oscillateur linéaire. Relations générales des oscillateurs ouverts. Oscillateurs complexes. — Chap. III. *Le circuit de courant alternatif à haute fréquence*. Résistance et coefficient de self-induction. Courant et tension. Mesure du courant. — Chap. IV. *Les systèmes couplés*. Généralités sur le couplage. Couplage lâche d'oscillateurs à oscillations amorties. Couplage serré de systèmes accordés à oscillations amorties. Couplage de systèmes à oscillations non amorties. — Chap. V. *Les courbes de résonance*. Mesure de la fréquence (longueur d'onde) par la résonance. Détermination du décrément. Utilisation de la résonance pour l'étude des condensateurs. Utilisation des courbes de résonance pour l'étude des systèmes couplés. — Chap. VI. *L'antenne*. Les différentes sortes d'antennes. La prise de terre. L'amortissement des antennes. — Chap. VII. *L'émetteur pour oscillations amorties*. Les différents dispositifs émetteurs. Réalisation technique des émetteurs. — Chap. VIII. *L'émetteur pour excitation par impulsion et pour oscillations non amorties*. L'émetteur pour excitation par impulsion ou émetteur de Wien. L'émetteur pour oscillations non amorties. Les phénomènes dans la méthode de l'arc lumineux. — Chap. IX. *La propagation des ondes le long de la surface de la terre*. Les ondes au-dessus d'un sol homogène plan ou sphérique. Les ondes au-dessus d'un sol accidenté ou non homogène. Action sur les ondes des influences atmosphériques et autres. — Chap. X. *Les détecteurs d'ondes*. Détecteurs thermiques. Détecteurs magnétiques. Contacts imparfaits. Détecteurs électrolytiques et détecteurs divers. Généralités sur les détecteurs. Appareils pour la réception des télégrammes. — Chap. XI. *Le récepteur*. Le récepteur primitif de Marconi. Récepteur pour télégraphie syntonisée avec oscillations amorties. Récepteur pour oscillations non amorties ou excitées par impulsion. — Chap. XII. *La Télégraphie dirigée*. Émetteurs pour télégraphie dirigée. Récepteurs pour télégraphie dirigée. — Conclusions. Évolution de la T. S. F. pendant les années 1906-1907-1908. — Tables. — Addenda. — Notes.

N. N.

IX

La Théorie corpusculaire de l'Électricité. Les Électrons et les Ions, par P. Drumaux, préface de M. Éric Gerard. (Extrait du Bulletin scientifique de l'Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore). Un volume in-8° de 166 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

La préface que M. Éric Gerard a mise en tête de cet intéressant et utile opuscule en marque très bien la nature et la portée. Nous ne pouvons mieux faire que de la reproduire ici en nous associant aux éloges qu'elle contient.

« L'ouvrage de M. Paul Drumaux sur les développements de l'hypothèse des électrons est de nature à exciter la curiosité scientifique des ingénieurs et des étudiants.

» Cette hypothèse est sortie du laboratoire de physique ; elle a contribué à l'avancement de nos connaissances sur l'Électricité et sur la constitution de la matière.

» Comme tous les développements de science pure, elle envahit peu à peu le domaine des applications industrielles. M. Drumaux montre l'aide qu'elle est venue prêter à l'étude du fonctionnement des machines et de l'arc électriques. C'est là un côté qui ne manquera pas de frapper les ingénieurs.

» Nous devons savoir gré à l'auteur de nous épargner les recherches laborieuses dans les ouvrages épars où le sujet est traité. Il nous fait un résumé clair et précis de l'état actuel de la question, évitant autant que possible les développements analytiques auxquels il se prête pour s'attacher au côté physique du problème. Ce n'est que quand le secours du calcul est indispensable, comme c'est le cas pour la mécanique de l'électron, qu'il a recours à l'appareil mathématique.

» Pour les lecteurs, et ils seront nombreux, qui seraient mis en goût par son travail et qui désireraient poursuivre une étude approfondie de la question, M. Drumaux a eu soin de renvoyer aux sources originales où ils pourront puiser. »

N. N.

X

W. Nernst, professeur à l'Université de Berlin. Traité de Chimie générale. Ouvrage traduit sur la 6e édition allemande, par A. Corvisy. Première partie. *Propriétés générales des corps. Atome et molécule.* Un vol. grand in-8° de 510 pages, avec 33 figures dans le texte. — Paris, A. Hermann et Fils, 1911.

L'ouvrage du professeur W. Nernst, dont les lecteurs français possèdent enfin une excellente traduction, a paru en 1893 sous le titre : *Theoretische Chemie, vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik.* Six éditions se sont succédé en Allemagne, sans cesse améliorées et tenues par l'auteur au courant des progrès dus à ses propres recherches et aux nombreux travaux de Chimie physique exécutés en Europe et en Amérique et inspirés, pour une bonne part, par ce Traité même, extrêmement riche de faits et de lois méthodiquement classées et reliées logiquement.

Il se partage en quatre livres. « Dans le premier livre, écrit l'auteur, nous nous occuperons *des propriétés générales de la matière* et nous nous tiendrons presque exclusivement sur le terrain des faits sûrement établis par l'expérience ; la théorie de l'énergie nous sera d'un grand secours, non seulement en nous facilitant une vue d'ensemble des faits, mais souvent aussi en nous permettant d'étendre et d'approfondir les résultats immédiats de l'expérience. Le second livre est consacré spécialement au développement de l'hypothèse moléculaire et nous amène dans le domaine des questions chimiques beaucoup plus que le premier, qui est plutôt d'ordre physique ; nous y traiterons spécialement des relations entre la composition chimique et les propriétés physiques.

» Après avoir étudié les systèmes, plus spécialement au point de vue des propriétés énergétiques et de celles qui résultent de la composition, nous dirigerons notre attention sur les *variations* qu'ils éprouvent par l'action des forces chimiques, et sur les *conditions d'équilibre* de ces forces. En conséquence, les deux derniers livres seront consacrés à l'*étude de l'affinité chimique,* et en raison de la double nature des réactions chimiques qui modifient les propriétés matérielles, d'une part, et les propriétés énergétiques, d'autre part, nous nous occuperons des

transformations de la matière dans le troisième livre et des *transformations de l'énergie* dans le quatrième. »

De cet ensemble, la première partie de la traduction française, qui seule a paru jusqu'ici, contient les deux premiers livres.

Elle s'ouvre par une *Introduction à quelques principes fondamentaux de la physique moderne.*

Au point de vue des méthodes et des théories, le professeur Nernst n'est nullement un physicien *énergétique* irréductible. Si, dans l'exposé qu'il nous donne de la Chimie théorique, il utilise largement les principes de la thermodynamique, il ne s'interdit nullement le recours aux hypothèses, à l'hypothèse moléculaire, entre autres, dont il énumère avec complaisance les grands avantages qu'en retirent l'intelligence des faits, la netteté et la rapidité de l'exposition.

Le titre même de l'édition allemande, transcrit plus haut, est une profession de foi. Quelques extraits de l'introduction lui serviront de commentaire.

« L'histoire des sciences physiques nous apprend qu'on peut arriver à la découverte d'une nouvelle loi naturelle par deux voies essentiellement différentes, que nous pouvons appeler l'une empirique et l'autre théorique. Dans la première méthode on s'efforce, par des expériences conformes au but poursuivi, de rassembler un ensemble d'observations, autant que possible exprimables numériquement, sur les phénomènes entre lesquels on soupçonne une relation, et l'on fait la comparaison des résultats obtenus ; c'est ainsi, par exemple, qu'on a découvert certaines relations entre les propriétés des éléments et leurs poids atomiques. La seconde méthode, au contraire, nous conduit, par des idées raisonnées sur la nature des phénomènes et une activité purement spéculative, à une notion nouvelle, dont l'expérience devra ensuite vérifier l'exactitude ; c'est ainsi qu'on a trouvé la loi de l'action chimique des masses, par des considérations cinétiques sur la combinaison et la dissociation des corps qui réagissent entre eux.

» De ces deux voies, la première peut être suivie dans tous les cas, et elle conduit toujours, le plus souvent après un travail très pénible, il est vrai, à certains résultats. Pour l'appréciation d'une loi naturelle ainsi obtenue, c'est principalement le domaine de son application qui donne la mesure de son importance et la considération qu'on lui accordera sera d'autant plus grande que les phénomènes auxquels elle s'étend sont plus nombreux et plus

variés. Ainsi les principes de la thermodynamique nous fournissent le plus brillant exemple de la découverte empirique d'une loi naturelle, car ils s'appliquent à tous les phénomènes de la nature et doivent toujours être pris en considération dans toutes les recherches scientifiques. D'autre part, une telle loi, dont le domaine est si vaste, est d'une intelligence d'autant plus difficile, et exige d'autant plus d'habitude dans son maniement, qu'elle est plus générale, et dans le cas cité, les difficultés d'une application exacte et complète de la loi à un phénomène naturel donné sont parfois si grandes, qu'on doit considérer comme un véritable progrès scientifique l'application des principes généraux à un cas particulier, bien que le résultat obtenu dans l'utilisation d'un principe plus général ne renferme en réalité rien d'absolument nouveau.

» Quelque grande importance qu'ait eue dans tous les temps et qu'aura toujours pour le progrès scientifique cette méthode de recherche purement inductive, il est néanmoins indubitable que nous pénétrons bien plus profondément dans l'essence des phénomènes quand, par la seconde voie, sur la base d'idées raisonnées et des conséquences qu'on en déduit logiquement, nous arrivons à une nouvelle loi de la nature, et c'est pourquoi cette voie nous paraît la plus séduisante. Il est manifeste que nous ne pouvons la suivre avec succès qu'à la condition d'avoir fait un choix heureux de notions qui servent de base au raisonnement théorique. Mais il arrive souvent qu'il est impossible de soumettre ces notions fondamentales au contrôle de l'expérience et de vérifier leur valeur, et le chercheur qui se laisse guider par la lueur trompeuse de notions fondamentales mal choisies est sans cesse en danger d'aboutir à l'erreur.

» De telles conceptions, plus ou moins inaccessibles à la démonstration expérimentale, sont appelées *hypothèses :* telle est l'admission de l'existence d'un éther lumineux remplissant l'univers, masse impondérable, qui par cela même échappe à nos sens liés à la matière ordinaire ; telle est encore la supposition que toutes les substances sont composées de particules indivisibles, quoique finies, mais extrêmement petites, qui, en raison de leur petitesse, ne peuvent être perçues directement par nos sens. L'introduction des hypothèses... est absolument nécessaire à une connaissance des phénomènes de la nature assez approfondie pour nous conduire à la découverte de nouvelles lois. Celles-ci étant accessibles à l'expérience, le résultat démontre, non pas la vérité, mais bien l'utilité de l'hypothèse, tandis qu'un

insuccès prouverait non seulement l'inopportunité, mais encore la fausseté de l'hypothèse dont nous sommes partis.

» L'hypothèse est ainsi pour la science un auxiliaire très important ; elle n'est pas le but (au moins pour ceux qui s'appliquent à l'étude de la nature), mais elle est tenue de justifier sa raison d'être en servant de pont pour relier entre eux les faits d'expérience déjà connus et pour en atteindre de nouveaux. L'utilité d'une bonne hypothèse consiste donc essentiellement à approfondir et à élargir notre connaissance des phénomènes, c'est-à-dire à nous rendre les mêmes services qu'une loi naturelle....

» Nous sommes aujourd'hui en possession d'un certain nombre de lois expérimentales et d'hypothèses susceptibles de la plus vaste application aux diverses branches des sciences de la nature, et dont l'exposé didactique mérite de précéder celui de ces sciences elles-mêmes : ceci est particulièrement vrai pour la Chimie physique actuelle. En effet, le principe de l'indestructibilité de la matière a dû son expression claire et complète à la recherche chimique ; le principe de l'indestructibilité de l'énergie a donné naissance à une branche nouvelle de la Chimie, la thermochimie, et le principe de la transformation de la chaleur en travail extérieur (second principe de la théorie de la chaleur) ne s'est montré nulle part d'une façon plus féconde que dans son application aux phénomènes chimiques ; enfin l'hypothèse des atomes et des molécules paraît indispensable pour comprendre la nature des combinaisons chimiques...

» Ce n'est pas ici le lieu d'examiner si l'hypothèse moléculaire répond à la réalité, ou si elle ne doit son existence qu'à l'impuissance où nous sommes d'arriver à une compréhension approfondie des phénomènes de la nature en partant d'autres conceptions, ou encore si, par le développement de la théorie, nous n'obtiendrons pas un jour des vues sur la matière différentes et plus lucides ; le moment n'est pas encore arrivé d'ouvrir une telle discussion. Un fait certain, et c'est la seule chose importante et décisive, c'est que l'hypothèse moléculaire est, dans toutes les sciences de la nature et tout particulièrement dans la Chimie, un auxiliaire tel que jamais la spéculation théorique n'en a fourni d'aussi vaste ni d'aussi puissant. C'est pourquoi dans l'exposé que nous allons faire de la Chimie théorique, nous ne perdrons jamais de vue l'hypothèse moléculaire, et nous l'utiliserons dans tous les cas où l'explication des faits, la netteté et la rapidité de l'expression nous en feront un devoir ; comment

ne pas diriger nos efforts pour rendre plus saisissables nos idées sur le monde des molécules et ne pas armer notre œil de microscopes de plus en plus puissants pour arriver à le considérer ? »

Nos lecteurs nous pardonneront cette longue citation : elle met en lumière les idées qui ont présidé à la conception et à la composition de l'ouvrage que nous leur présentons, et il nous a paru intéressant de recueillir l'avis du maître de Berlin sur un sujet controversé entre savants également éminents.

Nous n'entreprendrons pas une analyse détaillée du corps de l'ouvrage et nous ne nous attarderons pas à en faire l'éloge : la personnalité de l'auteur et l'influence considérable qu'il a exercée sur les progrès de la science, garantissent l'excellence de ce traité. Quelques indications sur son contenu suffiront à en montrer la richesse et l'intérêt.

C'est de Chimie physique qu'il s'agit ici, et non de la Chimie des préparations : on étudie donc surtout les lois générales des phénomènes physico-chimiques, leur groupement et leur interprétation.

Le premier livre est consacré aux *propriétés générales de la matière*. Il suppose le lecteur en possession des éléments de l'analyse mathématique, du calcul différentiel et intégral. Les principes de la thermodynamique interviennent très largement, mais non pas exclusivement, pour expliquer l'*état gazeux* (propriétés générales, lois des gaz, énergie d'un gaz, chaleur spécifique des gaz, thermodynamique des gaz) ; l'*état liquide* (propriétés générales, tension superficielle, vaporisation, ébullition, phénomènes critiques) ; l'*état solide* (propriétés générales, fusions, état cristallin, cristaux, polymorphisme, état amorphe). Les mélanges physiques, les solutions étendues liquides ou solides (pression osmotique) sont étudiés dans les chapitres suivants.

Le livre II est intitulé *Atome et Molécule*. L'auteur expose la *théorie atomique* (système périodique des éléments, spectres des éléments, distribution des raies spectrales des éléments) ; *la théorie cinétique des molécules* (théorie cinétique des gaz — équation de van der Waals — des liquides et des solides ; théorie de Tammann pour les solutions concentrées) ; *détermination des poids moléculaires ; constitution des molécules* (valences, stéréochimie du carbone, de l'azote et des autres éléments) ; *propriétés physiques et architecture moléculaire* (réfraction moléculaire des composés organiques, constante diélectrique, magnétisme, absorption de la lumière, théorie des matières colorantes, etc.).

Les chapitres suivants s'occupent de la *dissociation des gaz*, de la *dissociation électrolytique*, des *propriétés physiques des solutions salines*, de la *théorie atomique de l'électricité* (ions et électrons), de l'*état métallique*, de la *radioactivité* et de l'*état colloïdal*.

Dans un dernier chapitre, l'auteur résume à grands traits les travaux des physiciens en quête d'une appréciation quantitative de *la grandeur absolue des molécules* : la confrontation des résultats amène l'auteur à conclure : « Nous pouvons considérer les dimensions moléculaires comme établies avec une remarquable certitude, ce qui délivre la conception atomistique de son caractère primitivement hypothétique ».

N. N.

XI

Ponts en maçonnerie, par A. Auric, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 375 pages avec 109 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1911.

L'art de construire les ponts a, dans la période contemporaine, été révolutionné par l'emploi, de plus en plus général, du fer, puis de l'acier, et, plus récemment encore, par l'introduction du béton armé pour lequel, aujourd'hui, se produit un véritable engouement. On aurait pourtant tort de croire que les ponts en pierre ont fait leur temps ; outre que — considération qui a son importance lorsqu'il s'agit des ouvrages à édifier à l'intérieur des villes — elle se prête incomparablement mieux aux beaux effets architecturaux, la pierre a l'avantage, par rapport au métal tout au moins, de donner lieu à un entretien infiniment moins dispendieux, voire d'assurer à peu de frais, quand elle a été choisie de bonne qualité, une durée à peu près indéfinie aux ouvrages qu'elle a servi à construire. L'exemple des grands viaducs que nous a légués la civilisation romaine est particulièrement caractéristique à cet égard.

Or, l'art de construire les ponts en pierre n'a guère été exposé jusqu'ici que dans des traités magistraux comme ceux de Morandière, de Croizette-Desnoyers, de Degrand et Résal, que les spé-

cialistes auront, d'ailleurs, toujours grand profit à consulter. Il était éminemment souhaitable d'en voir dégager les principes essentiels en un exposé synthétique, conçu dans un esprit plus strictement scientifique ; c'est un tel programme qu'avec un talent des plus distingués et une incontestable maîtrise M. l'Ingénieur en chef Auric vient de réaliser en un des petits volumes de l'*Encyclopédie scientifique,* où il a su faire tenir, avec ordre et clarté, tout ce qu'il y a de fondamental à connaître relativement à l'évolution historique des formes et des procédés de construction des ponts en pierre, à la description rationnelle de leurs dispositions d'ensemble, à l'application de la mécanique tant à la détermination de leurs principales dimensions qu'à la façon de les réaliser.

La première partie, dite historique, est très intéressante, et d'un intérêt vraiment général pour tout esprit cultivé, en dehors même du cercle des spécialistes qui y saisiront, pour leur part, la genèse des principales règles de leur art, règles souvent imposées par la tradition avant qu'une étude rationnelle n'en soit venue fournir la justification *a posteriori*.

M. Auric, après avoir rappelé les procédés primitifs de construction des voûtes, soit par assises horizontales en encorbellement, soit par tranches verticales, ou inclinées, juxtaposées (ce dernier, reconstitué, comme on sait, par Auguste Choisy), nous fait assister à l'évolution de la voûte à joints convergents depuis ses origines étrusques jusqu'à nos jours. Successivement, il montre les perfectionnements réalisés dans son emploi pendant la période romaine, les transformations que lui fait subir le génie oriental à la suite de son introduction en Asie mineure et en Perse par les Romains, la fusion qui s'opère, dans les constructions occidentales, entre la tradition romaine et les influences d'Orient, à la suite des croisades, puis, à partir de la Renaissance, les progrès successivement réalisés d'une part dans un emploi plus rationnel des matériaux en vue d'atteindre à une plus grande légèreté, d'autre part, dans la réalisation de formes de plus en plus élégantes, progrès auxquels la création en France, au début du XVIIIe siècle, du corps des Ponts et Chaussées a apporté une large contribution qui ne s'est point interrompue jusqu'à nos jours, les types nouveaux créés en ces dernières années par M. l'Ingénieur en chef Séjourné (dont le Pont Adolphe, à Luxembourg, est un si magistral exemplaire) étant là pour l'attester. Tout cet exposé est d'ailleurs illustré d'exemples particulièrement bien choisis qui le rendent plus vivant.

A cette partie historique succède une partie analytique dans laquelle l'auteur examine en détail toutes les dispositions d'un pont en commençant par les dispositions générales en plan, en élévation et en section transversale. Nous signalerons en particulier les résultats de l'étude, à laquelle il s'est livré personnellement, des courbes de raccordement osculatrices pour le profil en long, dont il a fait une si élégante application au Pont de Valence.

La description sommaire des diverses parties constitutives d'un pont lui est l'occasion de développer de façon fort intéressante la théorie géométrique des courbes d'intrados en passant en revue les types utilisés ou proposés par divers ingénieurs dans la période contemporaine. La question de l'épaisseur des voûtes est également traitée avec soin par M. Auric qui se trouve conduit, en ce qui concerne l'épaisseur à la clef, à substituer aux formules antérieurement proposées une formule qui peut être regardée comme une généralisation d'une autre donnée autrefois par Navier et dont la justification résulte d'indications fournies par la théorie. Les considérations développées au sujet de la décoration générale s'inspirent du plus louable souci d'esthétique s'alliant très heureusement chez l'auteur à la mise en œuvre des principes les plus véritablement scientifiques.

A la suite de cette description des ponts en berceau simple, l'auteur consacre aux autres types de ponts un chapitre qui s'ouvre par des considérations générales du plus vif intérêt, faisant ressortir sous une forme géométrique, qui ne laisse pas d'être saisissante, le degré d'indétermination mathématique des problèmes à résoudre, et esquissant la solution idéale qui pourrait en être donnée comme étant tout au moins de nature à orienter la solution pratique à réaliser.

La satisfaction que peut procurer à un esprit à tendance scientifique une vue rationnelle des choses se retrouve, plus complète encore s'il est possible, dans le paragraphe consacré, en tête de la troisième partie, dite synthétique (et à la suite d'un remarquable résumé des propriétés mécaniques des maçonneries), aux considérations générales sur la stabilité des voûtes. Ces considérations, qui, avec une précision remarquable, mettent en pleine lumière les véritables difficultés du problème, se terminent par les lignes suivantes que nous nous reprocherions de ne pas reproduire et qui résument, en quelque sorte, toute la philosophie du sujet : « ..... Si une solution absolument exacte est aujourd'hui impossible à obtenir, on peut, dans

beaucoup de cas, se contenter d'une solution approximative ; chaque jour des progrès se réalisent soit dans la connaissance des matériaux, soit dans leur mise en œuvre, soit dans l'interprétation mathématique des phénomènes observés ; dans ces conditions, il apparaît comme évident que l'approximation de la solution ira constamment en augmentant, sans cependant qu'on puisse jamais parvenir à la solution rigoureusement vraie ; il semble donc qu'en pratique les solutions approximatives sont seules réellement utilisables et fécondes, mais les efforts des théoriciens purs ne sont ni vains, ni stériles, car la poursuite de la solution idéale est en somme le ferment qui provoque et le phare qui guide toutes les recherches. »

Après avoir rappelé, en une douzaine de pages, tout ce qu'il est indispensable de savoir de la résistance des matériaux, l'auteur expose, en les réduisant à leurs traits essentiels, les diverses théories qui ont été successivement proposées pour la vérification de la stabilité des voûtes : celle, toute rudimentaire, de Lahire, fondée sur l'assimilation de chaque voussoir à un coin, qu'Eytelwein perfectionna en y faisant intervenir la considération du frottement s'exerçant entre les voussoirs, et qui aboutit ainsi à la formule de Navier ; celle de Méry, résultant de l'interprétation des célèbres expériences de Boistard, et qu'avait précédée un premier essai de Lamé et Clapeyron ; celle de A. Durand-Claye, qui introduisait la considération de tout l'ensemble des courbes de pressions compatibles avec la résistance des matériaux employés ; celle enfin qui, dérivant des lois de la déformation des solides, vérifiées par l'expérience, étend aux voûtes en maçonnerie les procédés de calcul usités pour les arcs métalliques et que l'auteur développe sous une forme qui lui est, en grande partie, personnelle.

Ayant rappelé l'avantage qu'offrent, au point de vue de la validité des indications du calcul, les ponts à triple articulation, M. Auric résout, sous forme élégante, le problème consistant à déterminer, pour une voûte, l'axe longitudinal le plus favorable, avec application spéciale aux cas de la chaînette et de la cycloïde. Il fait encore l'application de la théorie générale précédemment développée aux ponts articulés aux naissances, aux ponts sans articulations, à la recherche de la stabilité des piles et culées. Il fournit enfin toutes les notions indispensables au calcul des cintres.

Le dernier chapitre traite, sous une forme condensée, mais qui n'omet rien d'essentiel, des procédés généraux de construc-

tion des ponts. Il se termine par un intéressant tableau, emprunté à M. l'Inspecteur général de Préaudeau, où figurent un assez grand nombre de ponts et viaducs en maçonnerie, avec leurs principales caractéristiques et leur prix de revient.

P. C. M.

XII

Technique de l'Aéroplane, par J. Raibaud, capitaine d'Artillerie, sous-directeur de l'établissement d'aviation militaire de Vincennes. (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 275 pages, avec 61 figures dont 21 photographies dans le texte. — Paris, Doin, 1911.

Les progrès extraordinaires réalisés par l'aviation, depuis ses débuts qui remontent à un si petit nombre d'années, sont de nature à vivement exciter la curiosité du public. Une littérature déjà abondante s'est efforcée d'y satisfaire. Cette littérature offre, d'ailleurs, d'assez grandes variétés suivant la clientèle qu'elle a spécialement en vue. Au grand public elle a déjà offert un certain nombre d'ouvrages de vulgarisation très bien faits, parmi lesquels se place en bon rang celui que le Capitaine Raibaud lui-même a écrit sous le titre de *La machine volante* (1). Mais les hommes de science et les ingénieurs ont des exigences qui vont plus loin ; il leur importe de savoir ce que la théorie rationnelle, fondée sur une solide assise expérimentale, a pu nous apprendre relativement à cette application nouvelle de la mécanique, quels problèmes elle a été amenée à poser, quelles solutions elle a pu, jusqu'ici, donner de ces problèmes, vers quels nouveaux progrès elle est en mesure d'orienter les efforts des chercheurs.

Tel est le programme que le Capitaine Raibaud a eu à remplir dans ce nouvel ouvrage que ses fonctions spéciales le mettaient tout particulièrement à même d'écrire, et auquel la tournure, à la fois scientifique et philosophique, de son esprit lui a permis d'imprimer un caractère véritablement magistral. C'est, en moins de 300 pages de petit format, toute la science actuelle de

(1) Voir la livraison de janvier 1911 de la Revue, p. 293.

l'aéroplane qui se trouve, avec une réelle maîtrise, condensée en ce très intéressant volume.

L'ouvrage se divise en deux parties relatives l'une à la machine, l'autre à son mouvement.

Dans la première partie, l'auteur commence par étudier les éléments de la structure de l'aéroplane, en se bornant aux généralités essentielles sur *ce qui existe*. En terminant cet exposé, il dit très sagement : « Quant aux innombrables projets que la fièvre actuelle a fait éclore, et dont quelques-uns ne manquent pas d'avenir, c'est l'histoire de demain qui s'en occupera, après que l'expérience et le bon sens auront effectué les éliminations indispensables. »

Ayant ainsi décrit, d'une façon générale, les organes constitutifs d'un aéroplane, il passe en revue les principaux types de ces appareils, en mettant nettement en évidence les caractéristiques de chacun d'eux : Biplans Wright, Voisin, H. et M. Farman, Roger Sommer; Monoplans Blériot, Antoinette, Esnault-Pelterie, Nieuport, Hanriot, Bréguet, Demoiselle.

Passant au moteur, dont l'étude détaillée rentre dans d'autres volumes de l'Encyclopédie, l'auteur se borne aux indications générales strictement indispensables pour faire comprendre le jeu de cet organe et saisir les raisons d'être de ses principales dispositions (moteurs en v ; moteurs en étoile ; moteurs rotatifs). L'auteur ne manque pas, au reste, de dire les choses essentielles en ce qui concerne les deux points capitaux de la réfrigération et de la régulation du moteur. On sera frappé, sur ce second point, des très sages considérations qui l'amènent à esquisser la solution de l'avenir se résumant ainsi : 1° maintien, à l'aide d'un régulateur *automatique*, de la vitesse de rotation du moteur ; 2° liaison du moteur au propulseur par un organe à changements de vitesse.

En consacrant un chapitre à *quelques détails de construction*, l'auteur signale les principales particularités que l'expérience déjà acquise a conduit à observer dans l'agencement des pièces dont se compose un aéroplane ; des catastrophes, hélas trop fréquentes, en ont peu à peu révélé l'importance. Il n'est pas, sous ce rapport, de détail négligeable aux yeux du constructeur consciencieux. Comme le dit l'auteur de façon pittoresque, il faut, lorsqu'un accident s'est produit, que l'on sache « si c'est un clou ou un principe qui a cédé ».

C'est la deuxième partie, consacrée à la *Dynamique de l'aéroplane*, qui confère au volume un cachet vraiment scientifique.

L'auteur ne se fait, d'ailleurs, aucune illusion sur la témérité qu'il peut y avoir à asseoir une théorie mathématique sur des principes encore incertains. Mais, comme il en fait très judicieusement la remarque, « un aveu d'impuissance ne constitue pas un guide pour agir ». Et, à la condition que les inductions de la théorie soient, à chaque pas, soumises au contrôle de l'expérience, l'édification de cette théorie rationnelle semble encore le moyen le meilleur de faire, en ces matières, progresser nos connaissances. Par une analyse très fine du problème tel qu'il apparaît dans toute sa généralité, l'auteur fait voir que « la question de la résistance de l'air domine la théorie mécanique des appareils aériens », et même « qu'elle suffit, à elle seule, pour l'édifier presque totalement ».

C'est donc par l'étude de la résistance de l'air que débute l'auteur en cette seconde partie. Son exposé, remarquablement net, met bien en évidence les quelques connaissances positives que l'on est parvenu à dégager jusqu'ici en ce domaine d'un accès particulièrement difficile, notamment à la suite des essais de MM. Rateau, Eiffel, Riabouchinsky, ainsi que les embryons de théorie globale dus à MM. Rateau et Soreau. « Malgré ce qui a été fait, dit le Capitaine Raibaud, l'étude de la résistance de l'air est une question entièrement neuve, où les principes font défaut. C'est à l'expérience à les indiquer. » Et il ajoute : « Qu'un physicien habile découvre quelque loi simple (ne fût-elle pas absolument exacte) comme la loi électrostatique de Coulomb, par exemple, la théorie de la machine volante aura fait un pas de géant et deviendra, sinon un chapitre, du moins un appendice de la mécanique rationnelle. »

L'auteur passe ensuite à l'étude du propulseur hélicoïdal au sujet duquel il expose tout ce que la théorie et l'expérience combinées nous ont enseigné jusqu'ici, particulièrement à la suite des travaux de Drzewiecki, Rateau, Ferber, Bréguet...

Après ces deux chapitres, de prolégomènes, en quelque sorte, l'auteur aborde la dynamique proprement dite de l'aéroplane au sujet de laquelle il expose d'abord des généralités du plus haut intérêt, faisant clairement ressortir la nature des problèmes à résoudre et apportant à leur solution des contributions importantes. On ne saurait, en particulier, manquer d'être frappé de la savante discussion par laquelle le capitaine Raibaud établit que, contrairement aux idées de Ferber, la solution de régime, dans le cas du planement, n'est pas asymptotique, et de la critique pénétrante avec laquelle il examine les consé-

quences de cette conclusion. Pour lui « il est très probable que, pour chaque aéroplane, il existe un système de régime de planement en air calme, dans le voisinage très rapproché duquel l'aéroplane doit se trouver au moment de l'arrêt du moteur et s'y maintenir ensuite pour être viable ; sinon, l'appareil ne tient pas l'air ».

Il fait encore une analyse de ce que, en ce qui concerne les aéroplanes, l'on peut tirer de la similitude mécanique, et il aboutit ainsi à une recommandation de grande prudence relativement à l'utilisation des résultats de laboratoire. « Ce n'est pas, dit-il, qu'on doive les négliger ; mais, pour en faire sortir la loi dont la pratique vérifiera les conséquences, il faudra l'esprit de divination d'un Coulomb. »

Admettant l'hypothèse, à laquelle il s'est précédemment arrêté, que « le régime existe parce que l'appareil n'est viable qu'autant que ses conditions de marche ne s'éloignent pas des valeurs critiques caractérisant ce mouvement de régime ». l'auteur entre dans le détail de l'étude du planement et il en tire cette conclusion, dont l'intérêt ne semble pas négligeable, que, contrairement à une opinion généralement admise, les deux régimes correspondant à une même pente seraient également possibles. « Pratiquement, cependant, ajoute-t-il, cette dualité est une gêne dans la manœuvre, puisque le pilote doit, pour produire un effet déterminé, changer son mode de commande suivant qu'il se trouve dans l'un ou l'autre cas. Pour des raisons psychologiques, les aéroplanes actuels sont conçus de façon qu'une variation positive de γ (angle de gouverne) fait monter l'appareil, c'est-à-dire, en la circonstance, rend la pente absolue plus douce. Cette propriété ne pourra se présenter que dans l'un des deux régimes : c'est par le signe de b (rapport des variations simultanées de l'angle d'attaque fictif et de l'angle de gouverne) qu'on discernera celui qui convient. » Il indique, au reste, un moyen pratique de supprimer la dualité de gouverne : « c'est de remplacer le minimum analytique par une plus petite valeur physique ; c'est-à-dire de limiter matériellement, dans le sens convenable, le déplacement du gouvernail à la valeur γ_0 répondant à la pente minimum ».

L'auteur développe ensuite l'étude du mouvement de régime avec le moteur en marche, en s'attachant successivement à toutes les circonstances qui y interviennent : marche à propulsion minimum ; marche au minimum de puissance de propul-

sion ; marche à vitesse angulaire déterminée du propulseur ; marche à moteur préalablement réglé ; marche en palier.

Aux mouvements de régime viennent se joindre les évolutions (montée, descente, virage) par lesquelles se modifie la trajectoire simplement rectiligne correspondant à de tels mouvements. L'auteur en fait l'étude dans un chapitre spécial où il s'occupe encore des phases extrêmes du mouvement : envol et atterrissage. Il signale aussi le rôle du vent dans les évolutions, expliquant pourquoi la grande vitesse relative de marche est, jusqu'à présent, le seul moyen de parer à ses funestes effets, et fait comprendre comment la possibilité de résoudre le problème des variations de la vitesse, pour une pente donnée, est subordonnée à l'invention de procédés permettant d'agir soit sur la propulsion, soit sur l'aire matérielle, procédés dont on n'en est pas encore à entrevoir la prochaine réalisation.

Le dernier chapitre est réservé à la question capitale de la stabilité de l'aéroplane sur sa trajectoire, dont l'auteur fait, en quelque sorte, toucher du doigt l'exceptionnelle difficulté dans le cas général. Ce n'est que dans le cas où le mouvement autour du centre de gravité se réduit à des balancements autour de la normale principale, de la tangente et de la binormale à la trajectoire (balancements qui portent respectivement les noms de *tangage*, de *roulis* et de *dérive*) que le problème a pu être abordé avec un semblant de rigueur. L'auteur fait, au reste, connaître tout ce que la théorie a pu nous apprendre à ce sujet ; pour encore un peu incomplètes que soient les indications ainsi obtenues, il s'en faut qu'elles apparaissent comme sans valeur. L'auteur ne cherche pas, d'ailleurs, à dissimuler le peu de confiance qu'il a dans la réalisation prochaine de procédés stabilisateurs automatiques qui auraient pour effet de substituer une action mécanique aux réflexes du pilote. Et il termine sur la pensée que voici : « La stabilité est la question la plus importante, la plus délicate et la moins étudiée que soulève la théorie de l'aéroplane. Fort précaire, la stabilité peut être détruite par une manœuvre imprudente ou une action imprévue du milieu. Une bonne éducation du pilote peut parer au premier inconvénient ; contre l'action du milieu, on n'a pu opposer efficacement jusqu'ici que la vitesse de l'appareil. Dès que celle-ci tombe au-dessous d'une certaine limite, variable avec l'état de l'atmosphère, l'aéroplane devient le jouet des flots aériens. »

Nous avons dit, au début de cet article, que le livre du capitaine Raibaud résume toute la science actuelle de l'aéroplane ;

nous aurions pu ajouter qu'il contribuera très efficacement à préparer la science de demain, car, avec un esprit critique remarquable, l'auteur ne cesse, d'un bout à l'autre de son exposé, de signaler avec précision les problèmes à résoudre ainsi que les véritables difficultés à vaincre pour atteindre à leur solution. Et par là ce petit livre aura sa part dans les progrès à venir de l'aviation.

Ph. du P.

XIII

La Navigation sous-marine, par C. Radiguer, Ingénieur du Génie maritime (Ouvrage faisant partie de l'*Encyclopédie scientifique*), 1 vol. in-18 jésus de 361 pages avec 102 figures dans le texte. — Paris, O. Doin, 1911.

Comme une sorte de pendant à la technique de l'aéroplane qui vient d'être analysée ci-dessus, l'*Encyclopédie scientifique* nous donne, sous la plume de M. l'Ingénieur Radiguer, la technique du sous-marin. Ces deux nouveautés, les plus sensationnelles de notre temps dans l'ordre de la locomotion, se trouvent ainsi faire l'objet, dans l'Encyclopédie, de deux exposés tout à fait analogues paraissant simultanément. Du livre de M. Radiguer, comme on vient de le faire de celui du capitaine Raibaud, nous pourrons dire qu'il fixe, à l'heure où il voit le jour, l'état de nos connaissances relatives à la branche particulière d'application de la Mécanique à laquelle il se réfère.

Ainsi qu'il convient, il s'ouvre par un résumé historique, au reste plein d'intérêt, qui, pour la grande majorité des lecteurs, sera une véritable révélation. Sans doute sera-ce, en effet, avec surprise que la plupart d'entre eux apprendront que c'est en 1776 que, pour la première fois, un sous-marin a effectivement effectué une plongée. Ce sous-marin, inventé et construit par l'Américain Bushnell, a, pendant la guerre de l'Indépendance, été manœuvré contre la flotte anglaise par le sergent Eyra Lie, premier exemplaire authentique des héroïques navigateurs en plongée. Au point de vue militaire, la tentative échoua ; mais, au point de vue mécanique, elle apporta la preuve que la navigation sous-marine n'avait rien de chimérique, comme auraient pu le faire craindre les conceptions un peu trop fantaisistes de

ceux qui avaient, les premiers, rêvé d'un tel progrès. Notons en passant que ces imaginations d'illuminés ne sont pas, au fond, aussi méprisables qu'on serait tenté de le croire en ce qu'elles contribuent, en quelque sorte, à orienter les efforts des pionniers véritables du progrès.

L'auteur passe successivement en revue les essais de Fulton, Bauer, Bourgois et Brun, David, Drzewiecki, Nordenfeld, Goubet, Campbell et Ash, Waddington, Péral pour arriver au sous-marin moderne qui, sous des formes diverses, a apporté la solution du problème ainsi énoncé : « Construire un bâtiment qui, tout en tenant suffisamment la mer en surface, puisse à tout instant disparaître complètement sous l'eau ou remonter à la surface, régler son immersion à une profondeur voulue et s'y maintenir un temps suffisamment long, sans perdre pendant cette navigation entre deux eaux le sens de l'orientation, capable par suite de suivre une route imposée. Ce bâtiment devra porter un équipage suffisant pour assurer sa manœuvre. Les précautions nécessaires seront prises pour assurer la sécurité de cet équipage et lui rendre le sous-marin habitable. »

L'auteur commence par définir les divers éléments caractéristiques à considérer dans un sous-marin : dimensions ; flottabilité et formes ; autonomie ; but militaire ; etc. Puis, il montre sommairement, mais de façon très nette, quelle a été l'évolution du sous-marin moderne, d'abord en France où l'on construit maintenant un grand nombre d'unités à flottabilité élevée par comparaison avec les types des autres nations, puis en Amérique, en Angleterre, au Japon où l'on s'en tient presque uniquement aux sous-marins en forme de cigares à section circulaire, ayant une flottabilité modérée, enfin, en Russie, en Italie, en Allemagne, en Autriche, où l'on préfère les sous-marins dont les formes antérieures rappellent les bâtiments de surface, mais en se contentant d'un taux de flottabilité de 20 à 22 %.

Cet exposé fait bien ressortir la part importante qui revient dans la nouvelle invention aux ingénieurs du génie maritime français Zédé, Romazzotti, Laubeuf et Maugas.

L'auteur passe ensuite à la construction de la coque dont il étudie la résistance à la flexion longitudinale, à la pression et aux explosions. Puis il examine la question des formes générales, successivement au point de vue de la vitesse, de la stabilité, et de la tenue à la mer, en surface, et il fait voir comment on se trouve amené, vu la complexité du problème, à admettre une sorte de compromis entre des conditions parfois contradictoires,

en cherchant d'ailleurs, suivant le cas, à développer davantage telle ou telle qualité particulière, ce qui a conduit à une grande variété de solutions.

Le moteur utilisé en plongée étant électrique, on se trouve amené, en vue de réaliser l'autonomie, à doter le sous-marin, pour la navigation en surface, d'un propulseur qui, tout en donnant un grand rayon d'action, permette la récupération de l'énergie électrique. L'auteur décrit sommairement les divers types de moteurs utilisés à cet effet, en insistant sur les particularités résultant de leur affectation spéciale.

Il aborde ensuite la partie vraiment caractéristique de son sujet, à savoir tout ce qui se rapporte à la plongée : moyens d'effectuer le passage de la position de navigation à la position de plongée soit sur place, soit en marche ; description des divers types d'hélices proposés à cet effet ; analyse de l'action des gouvernails en plongée, recherche de la stabilité d'immersion, ... L'auteur indique les divers modes de propulsion employés en plongée, presque tous, on l'a déjà dit, de nature électrique ; pourtant, on a pu également, grâce à des dispositifs spéciaux, faire usage de l'air comprimé, de la vapeur et des hydrocarbures.

Il décrit tous les instruments qui interviennent dans la solution des problèmes de la direction et de la route, au premier rang desquels les appareils optiques permettant à la vision de s'exercer au-dessus de la surface de l'eau, puis tous les dispositifs ayant pour objet de rendre possible la vie à bord.

L'examen des causes des accidents de sous-marins, des précautions à prendre en vue de les prévenir, des moyens d'y remédier fait l'objet d'un chapitre spécial, de même que l'organisation de l'armement.

A la suite de cette série de chapitres purement descriptifs, M. Radiguer fait appel à la théorie pour apprécier l'influence des diverses circonstances qui agissent sur le déplacement. Il établit pour cela l'équation de poids d'un sous-marin et en déduit les effets résultant d'une variation soit du poids offensif, soit du poids de la coque, soit de la vitesse, soit de la flottabilité, soit enfin des coefficients d'utilisation, ce qui le conduit à diverses conclusions pratiques, celle-ci notamment :

« Il faut donc, tout d'abord, tracer la carène pour avoir une utilisation aussi avantageuse que possible en plongée, puis s'attacher à réaliser une bonne utilisation à vitesse maximum en surface et rechercher seulement une utilisation convenable à vitesse de route en surface. »

Traitant de l'emploi du sous-marin au point de vue militaire, l'auteur donne une solution géométrique simple du problème de l'attaque et examine les moyens de défense dont peut disposer le sous-marin contre les divers dangers qui le menacent. Il montre quel est, vu les besoins de la stratégie navale, l'état actuel de la construction des sous-marins, et signale enfin l'utilisation qui pourra être faite de ces engins dans un but commercial, en vue de permettre une exploitation plus facile des richesses qui gisent au fond de la mer.

Spécialiste de l'art auquel est consacré son volume, M. l'ingénieur Radiguer l'a écrit de façon à pleinement satisfaire les spécialistes ; mais il n'a pas perdu de vue, en le faisant, que le sujet est de ceux qui passionnent le grand public, et l'on peut prévoir que, sous le rapport de la vulgarisation, cet exposé si clair et si complet, de forme si judicieusement condensée, est également appelé à remporter un franc succès.

G. M.

XIV

Formulaire du graissage industriel, par J. Fritsch. Un vol. gr. in-18 de 315 pages et 36 figures. — Paris, H. Desforges, 1911.

Le livre que nous avons l'honneur de présenter aux lecteurs de la Revue des Questions scientifiques est dû à la plume d'un chimiste des plus compétents en la matière et dont les nombreux et utiles travaux ont reçu, dans les milieux industriels belges et français, un accueil aussi mérité qu'enthousiaste.

L'auteur, en l'écrivant, a eu en vue un double mobile : Il s'est tout d'abord proposé d'exposer, en des termes clairs et précis, les généralités d'ordre chimique ou technologique, que doivent décemment connaître aujourd'hui tous ceux qui, à un titre quelconque, ont à s'occuper des huiles ou graisses lubrifiantes.

Il s'est efforcé ensuite de bourrer son recueil de notes explicatives et de documents intéressants, partiellement inédits, de façon qu'il puisse servir de guide à l'industriel dans ses applications journalières.

Nous estimons que M. Fritsch a pleinement atteint le double objectif qu'il s'est tracé, car, contrairement à ce que le titre de

l'ouvrage ferait supposer, celui-ci n'est pas du tout un simple formulaire, c'est-à-dire une aride et sèche nomenclature d'un nombre plus ou moins considérable de recettes, les unes consacrées par l'usage, les autres prônées par des fabricants de matières lubrifiantes.

Tenu au courant des derniers progrès accomplis, le *Formulaire du graissage industriel* résume l'état actuel de la science sur la question qui en fait l'objet. Cette question offre le plus haut intérêt pour la grande majorité des industriels, qui n'ignorent point que l'emploi judicieux et approprié des huiles ou graisses naturelles, des huiles compound, des mélanges de graisses consistantes, est un problème d'actualité, tant par suite de l'extension continuelle du machinisme que par le nombre, toujours croissant, de lubrifiants végétaux, animaux ou minéraux.

La solution de ce problème devient de plus en plus compliquée et de plus en plus difficile. Tant de facteurs y apportent leur influence ! Aussi réclame-t-elle l'attention des chimistes spécialistes et des directeurs d'usines, et les préoccupe-t-elle très sérieusement.

Quelle avance y a-t-il, en effet, pour le praticien d'avoir à sa disposition une chute d'eau à rendement fort rémunérateur, ou d'avoir pu se procurer le combustible lui fournissant, au meilleur marché possible, le plus grand nombre de calories, si, en définitive, l'énergie produite ne lui est que très imparfaitement transformée en travail utile, c'est-à-dire reste bien en-dessous du coefficient de rendement calculé et susceptible d'être atteint dans la pratique ?

Parmi les causes de diminution du rendement pratique en travail réellement utilisable, il y a à citer, en toute première ligne, le frottement déterminé par le jeu des organes mécaniques.

Que de pertes d'argent, que de mécomptes de toute sorte s'éviterait sous ce rapport l'industriel, s'il lui était toujours possible d'oindre les surfaces frottantes de ses machines du lubrifiant qui, dans chaque cas déterminé, réduirait au minimum la résistance provoquée par le frottement.

Il lui sera cependant bien aisé de se mettre à l'abri de tout fâcheux aléa ; il lui suffira pour cela de consulter le formulaire de Fritsch qui le documentera adéquatement au sujet de la variété de matière onctueuse à laquelle il devra, dans des conditions bien établies, s'adresser préférablement.

Prof. J. Pieraerts.

XV

O. Schrader. Die Indogermanen (*Wissenschaft und Bildung*, n° 77). Un vol. in-12 de 165 pages. — Leipzig, Quelle et Meyer, 1911.

M. Schrader n'en est pas à son premier essai sur la civilisation de l'époque indo-européenne. Dans la bibliographie qui termine ce petit volume, une liste de ses travaux, d'ailleurs incomplète, prend une place aussi importante que pleinement justifiée. Une première fois, dans son *Reallexikon der indogermanischen Altertumskunde*, l'auteur avait analysé, article par article, toute l'archéologie linguistique de l'époque indo-européenne. Le présent travail, publié dans une collection de vulgarisation et dépourvu de tout appareil d'érudition, est plus une synthèse qu'une analyse, et, pour s'adresser à un public non initié, il n'en sera pas moins lu avec intérêt et profit par tous, même et surtout par ceux qui sont ou croient être fort compétents en la matière. Toute vulgarisation est destinée à ne réussir qu'en partie, parce que l'on ne comprend pleinement la valeur d'un résultat acquis que si l'on a pu se rendre compte des données du problème, des tâtonnements de la recherche et des incertitudes qui subsistent même après que l'on a découvert une solution fort plausible. Il est fort à craindre que beaucoup de lecteurs de M. Schrader ne se méprennent sur la portée des arguments proposés comme sur celle des conclusions qui en sont tirées. Je ne parle pas de lapsus qui peuvent échapper à tout le monde (1). Mais comment saura-t-on que telle étymologie est quasi certaine, telle autre simplement probable, tandis qu'une troisième est douteuse ou invraisemblable pour ne pas dire fausse ? Et c'est de ces étymologies que l'on part pour affirmer que les choses se passaient de telle ou telle manière il y a cinq mille ans. Que *Gott*, dieu, ait signifié d'abord « celui que l'on appelle par une incantation magique » (p. 146), la chose est admissible, mais on ne saurait rien dire de plus : à côté de cette explication, on peut en proposer cent autres également

(1) Page 121, on nous dit que le mot gotique *reiks* vient de l'irlandais *rí* : cela veut dire évidemment d'une forme celtique qui nous est attestée par le mot irlandais. Mais un profane se demandera à quelle époque les Gots ont voisiné avec les Irlandais.

possibles au point de vue linguistique, aussi vraisemblables au point de vue religieux.

Ces réserves faites, non sur la méthode, mais sur les abus que l'on serait tenté d'en faire, l'ouvrage de M. Schrader est un admirable *compendium* de ce que l'on sait, de ce que l'on croit savoir et de ce que l'on peut deviner de nos origines. La lecture en est attachante et rendue singulièrement vivante par l'usage constant d'exemples empruntés aux civilisations qui ressemblent à celles des époques préhistoriques. Les Slaves du Sud, les Albanais, les Russes des provinces orientales vivent encore, à bien des égards, dans les conditions de la « cité antique », en grandes familles patriarcales groupées en *gentes* et celles-ci réunies en tribus. L'agriculture et la vie pastorale ont dès l'origine été les occupations principales de nos pères, à en croire M. Schrader ; ils n'étaient ni de vrais nomades ni des agriculteurs sédentaires attachés au sol. L'auteur a soin de ne pas peindre son tableau en couleurs trop idylliques : on en jugera par les détails relatifs aux habitations, aux mœurs et à l'organisation familiale. S'il est certain que le principe de l'agnation domine chez tous les Indo-Européens, c'est-à-dire que la descendance ne compte que de mâle en mâle, il semble aussi probable que la condition de la femme devait être assez abaissée et il n'est pas invraisemblable que la polygamie ait existé très anciennement chez beaucoup d'Indo-Européens. C'est l'avis que M. Schrader défend, non sans succès, contre M. Hirt, qui serait, lui, assez disposé à se représenter la civilisation proethnique sous un aspect plus favorable. M. Schrader se croit obligé d'attribuer à nos ancêtres un penchant marqué pour l'ivrognerie : c'est peut-être généraliser d'une manière trop absolue ce que nous savons d'un vice commun aux Germains, aux Thraces et à bien d'autres peuples, pour ne rien dire des exploits bachiques d'Indra, le grand dieu védique. Enfin, il y a bien des traits épars à rassembler pour se faire une idée des conceptions religieuses. La partie la mieux connue est le culte des morts ; mais on est tenté de se demander si ce que nous en savons appartient bien en propre aux Indo-Européens. Bien des coutumes analogues se trouvent chez les Sémites et les Égyptiens, sans compter les sauvages actuels, et la conclusion serait que nous savons en somme fort peu de chose, sinon ce qu'un même stade de civilisation amène naturellement de formes religieuses communes pour des peuples très divers. Au contraire, un trait caractéristique, que M. Schrader n'a pas oublié, nous est révélé

par la fameuse *Leçon de Jupiter* de Max Müller : le terme de « père » attribué au dieu Ciel dans l'Inde comme en Grèce et à Rome cache une conception religieuse peut-être profonde que nous pouvons à peine soupçonner aujourd'hui.

Nous avons vu dans un précédent article (1) que M. Schrader plaçait autrefois la patrie des Indo-Européens au nord et à l'ouest de la Mer Noire. C'est encore son opinion actuellement ; mais il ne semble pas s'exagérer la valeur des diverses réponses données au problème et il abandonnerait volontiers sa manière de voir le jour où une autre solution s'imposerait.

Après les volumineuses publications de M. Schrader lui-même, après l'ouvrage de M. Hirt intitulé aussi *Die Indogermanen*, le petit livre que nous avons tâché d'analyser n'apporte ni données nouvelles ni arguments inédits. Mais on se tromperait étrangement si l'on n'y voyait qu'une répétition pure et simple de choses déjà bien connues. Dans la science en somme très conjecturale dont M. Schrader est l'un des représentants les plus distingués, l'élément personnel joue un rôle considérable ; il n'est pas donné à tout le monde de reconstituer de toutes pièces une civilisation disparue à l'aide des débris épars que le hasard nous a conservés. Dès lors le tableau que M. Schrader a su tracer d'une manière si ferme et si nette, en raison même des limites restreintes qui lui étaient imposées, acquiert une valeur que n'ont pas des publications plus étendues. L'avis d'un spécialiste qui fait autorité n'est jamais à dédaigner ; il est doublement précieux de l'entendre quand cet avis est exprimé avec la clarté et la précision qui caractérisent l'exposé de M. Schrader.

JOSEPH MANSION.

XVI

DAS MODERNE BELGIEN, von GUSTAV SIÖSTEEN. Berlin, H. Paetel, 1909, in-8°, 4-402 pp., 19 pl. et 148 fig. dans le texte.

Ce volume, bien imprimé et illustré, dû à la plume d'un journaliste suédois, ne constitue pas, dans son ensemble, un véritable travail géographique. Il semble même qu'il manque d'unité ;

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 3e série, t. XIX (janvier 1911), pp. 238 et suiv.

on dirait une suite de monographies ou de croquis de l'état social et économique de la Belgique. Les deux premières parties *(Das malerische Belgien ; Das industrielle Belgien)* peuvent se rattacher à la Géographie ; la dernière *(In der Gärungszeit Bürgerschaft und Revolutionäre)* lui est absolument étrangère, à l'exception des pages 384-388, consacrées aux dentellières.

La *Belgique pittoresque*, ce n'est pas le paysage proprement dit ; si certains aspects sont esquissés et si l'auteur sent la beauté des Ardennes, en revanche il ne comprend guère la plaine flamande, avec son incontestable cachet. Dans la *malerische Belgien*, il nous entretient plutôt des villes et des bourgades, avec leurs monuments, leurs œuvres d'art, leurs événements historiques, leurs manifestations religieuses et sociales, leurs différences caractérisques. Les cités flamandes sont des musées, où tous les chemins mènent à des beffrois, à des églises, à de vieux hôtels de ville ; les grandes agglomérations de la Wallonie, des foyers industriels, où les routes conduisent aux hauts fourneaux, aux mines et carrières, aux usines métallurgiques. Voici Bruxelles, qui fournit l'occasion d'une longue comparaison entre Flamands et Wallons, et qui est considéré comme leur « Grenzstadt ». La topographie de notre « Petit Paris » est bien comprise, mais il ne joue pas, au point de vue politique, le rôle prépondérant de la Capitale française ou anglaise. Voici Bruges, où la processsion et le pèlerinage du Saint-Sang surtout frappent l'auteur ; Courtrai, avec des détails sur la Bataille des Éperons d'Or, et sur l'industrie de lin (culture, rouissage, tissage) ; Gand, où l'étranger devrait passer plusieurs semaines pour examiner toutes les curiosités, mais dont l'industrie est à peine indiquée ; voici encore Gheel, avec sa colonie d'aliénés, à laquelle l'auteur consacre tout le chap. IV ; Spa, Chaudfontaine, les cités balnéaires du littoral, surtout Ostende, dont les pêcheurs font l'objet d'une note sommaire.

Dans la *Belgique industrielle,* il est question de la région du Centre, où l'auteur put descendre dans un puits de mine (pp. 119-134) ; suit une étude, moins du pays industriel, que de la politique économique et douanière (importance du mouvement commercial, droits d'entrée et de sortie ou protection et libre échange, nombre de travailleurs, salaires, organisation syndicale). L'auteur se demande si nous sommes sûrs du lendemain, et si nous ne ferions pas bien de développer notre génie commercial, et de consommer davantage nos fabricats.

Au chap. VIII : *Die Hauptstadt der Wallonen,* nous avons

un coup d'œil historique sur la ville de Liége, puis des considérations sommaires sur sa position, ses mœurs, ses monuments, (l'auteur n'apprécie pas l'ancien palais des princes-évêques), le théâtre et la littérature wallonne, et enfin (pp. 164-167) sur l'industrie armurière, qui est à la fois une grande industrie patronale et une excellente industrie familiale. Dans le même chapitre, il est question (pp. 168-182) des installations de la Vieille-Montagne à Angleur.

J'ignore pour quel motif le chap. IX, où l'on traite des fermiers ardennais et des paysans flamands, ou mieux peut-être de l'économie rurale en Flandre et en Ardenne, est perdu dans la partie industrielle de l'ouvrage. Ce n'est pas en raison de l'industrie de la pierre, établie dans les Ardennes, et à laquelle l'auteur ne consacre que quelques lignes ; ce ne peut pas être non plus parce qu'une partie de la population va demander un surcroît de bien-être à l'industrie établie en dehors du rayon du pays.

Après avoir montré quelles ressources les bois communaux apportent aux communes et aux habitants, l'auteur fait remarquer que la terre est généralement exploitée dans la province de Luxembourg et dans le N.-E. de la Belgique par le propriétaire, tandis qu'elle l'est par des locataires dans le reste du pays. D'autre part l'existence de l'ouvrier agricole flamand est plus précaire, comme nourriture et salaire, que celle du travailleur des champs luxembourgeois.

Arrivé dans le pays de Waes (p. 200), l'auteur en admire la richesse agricole, dont il recherche les causes. Puis il étudie le côté social de l'agriculture, en ménageant à sa manière les « Tyrannen », c'est-à-dire les propriétaires (!), en recherchant la répartition des terres entre les divers possesseurs, et en signalant le rôle des associations ou « Bauernvereine ». Dans un chapitre, formant la suite naturelle de celui-ci, il constate que la population agricole belge est la seule, dans l'Europe occidentale, qui se soit accrue. Les abonnements spéciaux (journaliers ou hebdomadaires) au chemin de fer, abonnements qui ne grèvent guère le budget des travailleurs, mais qu'on nous représente à l'origine non comme une mesure en faveur des ouvriers, mais comme un cadeau fait aux patrons de la Wallonie par le parti clérical, ces abonnements, note l'auteur, permettent aux intéressés de se rendre, même à une grande distance, dans les villes, où l'on gagne bon salaire, en fournissant des bras à l'industrie, aux mines, et aux grands ports. C'est une véritable émigration temporaire, qui se complète, grâce à la densité de la population agricole des Flan-

dres surtout, par l'émigration saisonnière de 16 000 à 17 000 jeunes hommes vers les plaines wallonnes, et vers les départements du Nord de la France, la Beauce et la Brie compris.

Dans un dernier chapitre, il est question de la métropole commerciale belge, d'Anvers. L'auteur en refait l'histoire sommaire, et s'attache particulièrement à l'origine, aux vicissitudes, aux fortifications, à l'efflorescence artistique de la ville, au développement et à l'organisation ouvrière (*Arbeiter und Nationen*) du port. Accessoirement il est parlé de l'industrie diamantaire établie à Anvers, et des ports de Bruxelles, Gand, Ostende, Zeebrugge et Bruges.

Il nous est agréable de reconnaître que l'auteur a fait ce qu'il a pu pour éclairer son enquête, qu'il a voulue sincère, impartiale, et la plus complète possible : visite dans divers centres, interrogatoire de témoins, informations scientifiques puisées dans les livres (C. Lemonnier, Courouble, E. Verhaeren, E. Vandervelde, E. de Laveleye, H. Denis, Varlez, etc.). Quelques réserves s'imposent néanmoins qui sont de nature à énerver les conclusions ou les considérations émises par l'auteur. Au point de vue social, une seule catégorie d'opinions se manifeste. H. Denis, Vandervelde, Varlez, dont nul ne songe d'ailleurs à contester le talent ou la science, sont les seuls prophètes. En dehors de leur giron, il ne semble pas exister d'autres écoles, d'autres compétences, d'autres doctrines sociales ; de même pour les œuvres : l'auteur connaît le *Vooruit*, mais il ignore les organisations ouvrières catholiques ; pardon, il cite le *Bon Grain*, du regretté Valère Mabille, dont il se plaint avec vivacité de n'avoir pas pu visiter les installations.

Chose mystérieuse, et de minime portée en apparence, mais importante en réalité, car elle permet à l'auteur de conclure (est-ce logique ?) du particulier au général, l'auteur au cours de ses pérégrinations à la recherche de la Vérité, ne rencontre jamais que des quidams ayant, semble-t-il, les mêmes opinions, les mêmes sentiments que lui ! Le phénomène est étrange, même en terre belge ! Peut-être l'auteur possède-t-il à son insu, comme certains juges, l'art de provoquer des réponses adéquates à la question. A Pepinster (p. 91), le marchand de journaux n'ose pas vendre sa marchandise socialiste, par crainte de représailles de la part des cléricaux ; à Courtrai, le milieu social est entrevu, grâce à la déclaration d'un commissionnaire ou badaud, qui proclame outré le tempérament religieux des Flandres, et malséante la curiosité d'une dame, affriandée de contrôler ses lectures. A Audenarde (p. 44), une commère, interrogée sur le seuil de sa

porte, se plaint de ce que le français n'est pas enseigné dans les écoles! Et voilà les lumineuses clartés celées à la masse, en pays flamand, car le même régime sévit à Gand, Bruges, Anvers, etc. A Mariemont, c'est un chef porion, très brave homme faut-il le dire, qui projette, sur l'état d'âme des ouvriers, des lueurs nouvelles et définitives.

Qu'on nous permette de relever encore quelques bribes.

P. 17. Bruxelles possède, à part la porte de Hal, d'autres témoins intéressants de ses anciennes fortifications.

P. 22. Des pèlerins français et wallons se rendent aux pèlerinages, aussi bien que des flamands.

P. 23. Où l'auteur prend-il que la procession du Saint-Sang à Bruges n'a pas pu faire sa sortie, par suite de pluies abondantes?

P. 29. Il n'y a pas de « Bischof von Brüssel » ; mais l'auteur veut parler du nonce apostolique (Päptslichen Gesandt).

P. 53. Les 200 000 habitants d'Ypres, au moyen âge, sont une légende.

P. 60. Le chœur de St-Bavon, à Gand, est seul plaqué de marbre.

P. 112. Il n'est pas exact de dire qu'il y a pénurie de ports de pêche ; mais on veut continuer à les développer. Depuis quand les vieux pêcheurs de 65 ans n'ont-ils pas droit à la pension de vieillesse ?

P. 115, ligne 17. Ne faut-il pas lire « Westbecken » au lieu de « Ostbecken » ?

P. 119. C'est la densité de la population, donc l'abondance de la main-d'œuvre, qui fait que l'ouvrier flamand reçoit un salaire moindre que l'ouvrier wallon.

P. 381. La béguine n'habite pas toujours seule sa petite maison ; généralement même celle-ci a plusieurs locataires.

P. 219. Les abonnés ouvriers peuvent prendre place dans une série de trains ordinaires et directs, mais dans des compartiments qui leur sont réservés.

Ce ne sont pas seulement les voyageurs de commerce qui peuvent obtenir des abonnements de 5 et de 15 jours, mais tous voyageurs quelconques, même étrangers, en prévenant, par exemple, les chefs de station des gares frontières. Quant aux bagages, il serait plaisant de voir des coffres dans les filets à colis, alors qu'on se montre si tolérant en Belgique pour les valises !

Nos paysans, nos maraîchers, nos horticulteurs ne travaillent pas en *esclaves* ; la plupart sont heureux de peiner dur, avec l'aide de leur famille.

Comment l'auteur ignore-t-il l'Église de Notre-Dame de Pamele à Audenarde, la cheminée du Franc à Bruges, etc. ?

Y a-t-il une raison pour s'occuper avec détails de l'industrie courtraisienne, liégeoise, anversoise, et de mentionner à peine les manufactures gantoises ?

En terminant, et malgré les réserves que nous avons formulées, il nous faut rendre hommage au travail de M. Siösteen. Notre *Miniaturland* l'a séduit ; il a cherché à en saisir les contrastes, à en déchiffrer certaines énigmes. Qu'il lui soit tenu compte de sa bonne volonté.

F. Van Ortroy.

XVII

La défense forestière et pastorale, par Paul Descombes, Inspecteur honoraire des manufactures de l'État. Un vol. gr. in-8° de xv-410 pages. (Fait partie de l'*Encyclopédie industrielle* fondée par M. C. Lechalas, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite). — 1911 ; Paris, Gauthier-Villars.

La question forestière en France, thèse pour le doctorat, par Louis Morel, docteur en droit. Un vol. gr. in-8° de 308 pages. — 1910 ; Paris, Arthur Rousseau.

Le jardinage forestier, par Antonin Rousset, inspecteur des forêts en retraite. Broch. in-12 de 53 pages. — 1911 ; Paris, Lucien Laveur.

En dépit des thèses paradoxales sur l'inutilité, voire sur la nuisance des forêts de montagne ou de plaine, comme sur l'excellence de la situation actuelle des pâturages alpestres et pyrénéens, les faits constatés chaque jour proclament la réalité à l'encontre de ces sophismes. Le magistral ouvrage que vient de publier M. Paul Descombes, ancien directeur des manufactures de l'État, ancien élève de l'École Polytechnique, qui a abandonné les fonctions publiques pour se dévouer à la cause forestière et pastorale, un tel ouvrage, fondé tout entier sur l'observation des faits, élucide la question de la manière la plus péremptoire.

L'état de dégradation des montagnes, dont, en ce qui concerne notamment les Pyrénées, M. Descombes trace, avec

chiffres et statistiques à l'appui, un attristant tableau, est dû principalement à la surcharge des pâturages ; ceux-ci, constamment traités, grâce à la transhumance, par une population ovine hors de toute proportion avec le rendement des herbages, succombent sous le fardeau. La situation est la même dans les Alpes. Au contraire, dans la région du Nord-Est : Ardennes, Vosges, Jura septentrional, où les forêts sont protégées par des clôtures contre les incursions du bétail, où les pâturages n'ont à nourrir qu'un nombre de têtes proportionné à leur étendue, l'industrie pastorale est prospère et les forêts admirablement tenues. Les cours d'eau de ces régions, pour déborder parfois lors des grandes pluies ou des fontes de neige précipitées, n'encombrent pas les fleuves de matériaux détritiques, comme il arrive dans la Loire, par suite de l'état insuffisamment boisé du massif central.

Ce rapide exposé résume le point de départ de M. Paul Descombes pour établir son plan de défense forestière et pastorale.

C'est en 1841 que le premier cri d'alarme fut lancé par l'ingénieur des Ponts et Chaussées Surell, sous la forme d'un ouvrage en deux volumes in-octavo intitulé : *Étude sur les torrents des Hautes-Alpes ;* mais ce ne fut qu'une vingtaine d'années plus tard que la législature intervint dans la question.

Nous ne reviendrons pas sur les lois et règlements successifs qui, de 1860 à 1882, essayèrent de porter remède au mal, les ayant déjà analysés et appréciés ici-même (1). Mais ce sur quoi il importe d'insister, c'est l'efficacité des mesures dues à l'initiative privée, initiative collective il est vrai, fruit de l'activité de nombre de citoyens actifs, dévoués et constitués en sociétés diverses ; parmi eux notre auteur occupe incontestablement le premier rang. L'association pyrénéenne pour l'aménagement des montagnes, devenue, depuis qu'ont commencé à lui naître des filiales, l'Association Centrale pour l'Aménagement des Montagnes (par abréviation A. C. A. M.) a réfuté les objections verbales par l'action elle-même.

On sait que cette association emploie ses ressources à affermer aux communes pyrénéennes de vastes étendues de montagnes pastorales qu'elle fait surveiller par des gardes à elle, dans lesquelles ne sont admis que les moutons relativement peu nombreux du pays ou du gros bétail, mais à l'exclusion de tout bétail étranger, et en parquant les troupeaux dans des emplacements

(1) Liv. de janvier 1882, T. XI, et octobre 1883, T. XIV de la 1re série.

distincts sous la garde de leurs bergers respectifs. Par cela seul les pâturages dégradés se restaurent spontanément peu à peu ; et s'il se rencontre, au voisinage des versants boisés, quelques parcelles qu'il soit opportun de soustraire au pacage, elles se reboisent le plus souvent d'elles-mêmes. Comme la privation de ces parcelles ainsi mises *en défends* est largement compensée par l'amélioration des herbages sur les autres parties, les habitants n'éprouvent nulle cause de mécontentement.

C'est ici que se manifeste la « solidarité » de l'arbre, ou mieux de la forêt, et du pâturage. Le voisinage de celle-là assure la prospérité de celui-ci ; elle le préserve du ravinement, de l'exode de son sol et de son sous-sol vers les vallées et la plaine, entraînés par les eaux torrentielles. Ainsi la forêt est nécessaire à la montagne pastorale, qui ne saurait subsister indéfiniment sans elle.

Ce qui a été dit plus haut de la supériorité de l'initiative collective privée, en tant qu'efficacité, sur l'action des pouvoirs publics, n'implique point que celle-ci doive être négligée et tenue pour nulle ; elle a trop de bons résultats à son actif pour qu'il ne lui en soit pas tenu compte. Mais d'une part elle pâtit de tout ce que notre machine administrative comporte de lenteurs et de complications dans les choses les plus simples ; d'autre part, le paysan et surtout le montagnard, éprouve une méfiance invincible vis-à-vis de tout ce qui vient de l'Administration. Telle proposition qu'il n'accueillera jamais venant des agents de celle-ci, ne l'effarouchera point si elle lui est faite par des particuliers, surtout quand ces derniers peuvent prêcher d'exemple et lui démontrer pratiquement, comme le font M. Descombes et ses associés, les heureux résultats de leur mode d'action.

Un important chapitre est consacré par notre auteur à tracer le tableau de la dévastation graduelle des montagnes, dévastation relativement récente et due à l'abandon des anciens règlements provinciaux qui déterminaient la jouissance des pâturages en conformité de la production du sol. Or s'il s'agissait d'aménager intensivement et d'un seul coup les trois millions d'hectares plus ou moins dégradés des montagnes des Alpes, des Pyrénées et du Massif central, la dépense serait hors de toute proportion avec les moyens dont le pays peut disposer. Un tiers de cette étendue, soit un million d'hectares, non compris les périmètres confiés à l'Administration, seraient à reboiser à

raison de 150 fr. l'hectare, soit.	150 000 000 fr.
Achat du sol ou indemnisation pour la privation du revenu pastoral	50 000 000 fr.
Enfin réfection ou amélioration des pâturages sur le surplus, c'est-à-dire sur deux millions d'hectares, à raison de 50 fr. par hectare, soit	100 000 000 fr.
Total. . . .	300 000 000 fr.

Un tel chiffre serait effrayant et de nature à décourager les meilleures volontés. Mais une opération aussi vaste peut être échelonnée ; il s'agit d'aller d'abord au plus pressé en commençant par arrêter la dégradation ; cela fait, les améliorations ultérieures pourront être réparties en un temps plus ou moins long. Un aménagement provisoire, borné à l'arrêt de la dégradation, représenterait, à raison de 5 fr. par hectare, une dépense de quinze millions de francs à répartir en quelques années.

Ensuite la marche de la restauration de nos trois millions d'hectares de montagnes, dégradés à des degrés divers, comprend — ou comprendrait — trois sortes d'opérations : 1° le reboisement, 2° les améliorations pastorales, 3° la correction des torrents.

De la première et de la troisième nous nous sommes abondamment occupés ici-même (1) et n'avons pas à y revenir aujourd'hui, si ce n'est en ce qui concerne la troisième (que nous avions traitée principalement d'après Surell, Cézanne et Demontzey), pour reconnaître que l'expérience ne paraît pas avoir confirmé les heureux résultats qu'on en attendait. Il aurait été reconnu que les grands et coûteux travaux d'endiguement et de barrages n'apportent qu'une défense précaire, parfois dangereuse, aux ravages des torrents, et seraient impuissants à les éteindre ; qu'il n'est que la forêt pour obtenir ces résultats ; que, d'autre part, les sols instables ou la nécessité de pourvoir à un danger immédiat, peuvent seuls motiver des travaux de retenue. De tout cela le service forestier s'est néanmoins acquitté à son honneur.

L'amélioration pastorale s'obtient par divers moyens. Souvent, le seul fait que, pour une cause ou pour une autre, le bétail se soit abstenu de parcourir des érosions, suffit pour que celles-ci se soient regazonnées spontanément. Des semis de graines fourra-

(1) Tomes XVI et XX de la 1re série (1884 et 1886) : *Reboisements et repeuplements ;* Tomes XI et XII (1882) : *Montagnes et torrents.*

gères, appropriées au sol et à l'altitude, rendent naturellement l'enherbement beaucoup plus rapide et plus complet.

La sortie prématurée du bétail, dès la disparition des neiges aux altitudes moyennes ou peu élevées, est une cause de dégradation que supprimerait seule une stabulation plus prolongée, laquelle ne peut être obtenue qu'en procurant aux bestiaux une plus grande abondance de fourrage d'hiver, au moyen de pelouses soustraites au parcours et fauchées en temps utile.

Les terrains rocheux, ceux en pentes rapides et d'ailleurs dénudés, ne pourraient fournir un bon pâturage qu'au prix de frais excessifs ; ils doivent être affectés au reboisement. Les parcelles capables d'être améliorées sans grande dépense, éprouveront d'ailleurs une amélioration considérable, principale, dans la suppression de la transhumance. Des abris pourront être établis à peu de frais pour les bergers, ainsi que des clôtures pour parquer le bétail successivement sur différents points : les bergers eux-mêmes pourront procéder à des travaux d'épierrement, de débroussaillement, d'élimination des plantes nuisibles, de nivellement du sol en certains cas, d'irrigation, de plantation d'arbres pour retenir les terres là où elles seraient menacées d'éboulement, ou pour procurer de l'ombre aux troupeaux, etc.

L'auteur résume son programme d'améliorations des pâturages en une sorte de « décalogue pastoral », dont nous citerons seulement les premières sentences : I. Montagnard, tu dois t'enrichir — Avec cette façon d'agir : II. Les transhumants évinceras — Pour garder ton gazonnement ; III. Beaucoup d'arbres tu planteras — Pour avoir des sources tout l'an ; IV. Les vaches tu préféreras — Aux moutons pour l'engraissement, etc.

Ces dispositions, si excellentes soient-elles, ne résolvent pas ce que l'on peut appeler, avec l'auteur, « le problème sylvo-pastoral », c'est-à-dire l'exécution en grand et en un nombre d'années déterminé, de la restauration totale de nos montagnes par la double opération du reboisement et du regazonnement. De nombreux obstacles lui sont opposés. La réduction du taux de l'intérêt, la hausse du prix des bois d'œuvre et l'avilissement des combustibles ligneux, l'exagération des charges fiscales qui pèsent plus lourdement sur la propriété boisée que sur toute autre, contribuent pour une large part à éloigner le public de la forêt et de ce qui s'y rattache. L'indifférence des pouvoirs publics jointe aux difficultés toutes spéciales qu'éprouve l'État à acheter des terrains à améliorer, semblent mettre le comble aux motifs de découragement. C'est alors que l'A. C. A. M. (il faut

bien se conformer à la barbare langue nouvelle) cherche le salut dans l'orientation des capitaux vers son œuvre, se proposant un double but : 1° Conserver les bois existants ; 2° Reboiser les sols incultes.

Le détail du « devis approximatif du problème sylvo-pastoral » arrive, comme total, à la mignonne somme de dix-sept cent quinze millions, soit, en chiffre rond, *un milliard trois quarts*. Comment M. Paul Descombes décompose le côté financier du problème en placements à revenu immédiat, placements à revenu différé, dépense à fonds perdus à répartir entre les États et les intéressés ; comment l'orientation des capitaux dans cette direction peut être favorisée par des immunités de timbre et d'enregistrement et surtout par une plus juste et plus équitable fixation de l'impôt forestier, c'est ce qu'il faut étudier dans l'ouvrage ici analysé lui-même.

Il faut aussi assurer la conservation des forêts existantes contre les ravages de l'incendie comme aussi contre l'incurie ou l'ignorance d'une foule de petits propriétaires de bois, soit par le concours des services publics, par la législation, par la diffusion de l'enseignement sylvicole.

Passons sur « Les auxiliaires du reboisement » que l'auteur trouve dans le concours financier de l'État ; dans l'enseignement sylvico-pastoral ; et dans le régime forestier ; dans l'industrie en toutes ses branches pour lesquelles le déboisement constitue un péril sérieux ; dans la *houille blanche*, cette source d'énergie qui se régénère d'elle-même, à la condition que les montagnes d'où elle provient soient suffisamment boisées, etc.

Nous ne saurions les énumérer tous, mais nous devons une mention au chapitre touchant l'influence aggravante du déboisement sur les inondations. L'influence du taux de boisement sur le ruissellement est exposée d'après les diverses observations de l'éminent ingénieur Belgrand, de l'ingénieur Vallès, et de trois gardes généraux, MM. Jeandel, Cantegril et Bellaud qui furent présentées à l'Académie des Sciences et y furent l'objet d'un rapport élogieux du maréchal Vaillant. L'action évaporatrice de la cime des arbres, le débordement et l'encombrement des cours d'eau en matériaux de toute sorte par suite du déboisement, d'où résultent les grandes inondations, appellent comme conséquence et antidote le reboisement des montagnes dégradées.

La conclusion de cet important travail est que, si la civilisation a, depuis moins d'un siècle, accompli des merveilles en s'assujettissant la vapeur et l'électricité, elle a complètement méconnu

la puissance de l'eau, elle a oublié l'eau ; et l'eau s'est vengée en infligeant à cette civilisation de lamentables désastres. L'eau étant oubliée, l'arbre qui la pompe, l'emmagasine et la distribue a été perdu de vue et a cessé de l'aménager.

Il faut donc reconstituer la forêt, pour que l'eau soit répartie avec mesure dans le cours de l'année, au lieu de se précipiter tout à la fois en masses ravageuses que suit trop souvent la sécheresse implacable.

Il n'est donné ici qu'un aperçu d'un ouvrage extrêmement documenté et où les faits signalés sont tous appuyés de chiffres probants, groupés en tableaux ou parlant aux yeux par des graphiques, souvent complétés par des vues photographiques. Cent trente pages de ce vaste in-octavo sont consacrées à des annexes documentaires sur la première desquelles on peut constater par les chiffres l'exactitude de cette assertion formulée dans le corps de l'ouvrage, à savoir que, pour avoir, depuis moins d'un siècle, négligé de porter une suffisante attention sur le déboisement des montagnes, la fortune publique de la France a diminué de *vingt-deux milliards*.

Il n'est pas hors de propos d'observer que le nouvel ouvrage de M. Paul Descombes est précédé d'une préface élogieuse d'un autre ancien élève de l'École polytechnique de haute notoriété, M. Noblemaires, ancien directeur de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à la Méditerranée.

Bien qu'antérieure au livre que vient de publier M. Paul Descombes, la thèse que M. Louis Morel a soutenue avec succès, devant la Faculté de droit de Lyon, sur la *Question forestière*, n'en garde pas moins toute son importance. Le sujet est d'ailleurs conçu suivant un plan différent ; l'histoire et l'étude de la législation y occupent, comme il convient en une thèse de droit, proportionnellement une plus grande place.

Le déboisement est souvent une cause de décadence, de régression. Diverses contrées florissantes dans l'antiquité, alors que le relief de leur sol était abondamment boisé, aujourd'hui misérables, en sont la preuve : telles, en Orient, la Palestine (qui fut la plantureuse « Terre promise »), l'Assyrie, la Perse, l'Arabie, plus près de nous la Grèce, certaines parties de l'Italie, la péninsule ibérique. L'auteur justifie ces exemples en exposant, appuyé sur les faits, l'influence considérable de la forêt sur le régime des eaux, sur les climats, sur le maintien des terres, voire sur l'hygiène.

L'état de la France contemporaine au point de vue de ses forêts, de leur peuplement, de leur insuffisance, aussi bien sous le rapport économique et commercial que sous celui de la régularité des cours d'eau, de la protection du sol, etc., est détaillé par l'auteur en un chapitre qui forme ce qu'on pourrait appeler une esquisse de la géographie forestière de la France, dont les données sont d'ailleurs puisées aux meilleures sources.

L'histoire vient ensuite : des époques gauloise et gallo-romaine aux capitulaires carolingiens; des édits royaux du XVIe siècle à l'ordonnance de Louis XIV (1669) et aux temps qui ont suivi jusqu'à la promulgation du code forestier en 1827. Et ceci nous amène au tableau des progrès du déboisement en France durant le XIXe siècle, lequel s'explique par diverses causes : les unes sont naturelles, comme certains ouragans qui rasent quelquefois des étendues de bois considérables, sur les plateaux des monts Jura, par exemple, les avalanches dans les Alpes et les Pyrénées, les incendies, principalement dans l'Esterel et dans les pignalas du sud-ouest. D'autres causes proviennent du fait de l'homme : défrichements, distractions du régime forestier, mauvaise gestion de beaucoup de bois particuliers, détournement du goût de la propriété forestière par la surcharge de l'impôt, abus du pâturage surtout en montagne, transhumance, exploitations excessives par suite des besoins croissants en bois d'œuvre et d'industrie, etc., etc.

Suit l'examen critique de la législation forestière actuelle à partir de 1827 jusques aujourd'hui en y comprenant celle qui est relative à l'Algérie et remonte seulement au 21 février 1903. L'insuffisance de cette législation est établie par comparaison avec celle des autres pays, mais surtout son efficacité est encore entravée par la politique électorale qui, en matière forestière comme dans toutes les autres branches de l'activité humaine, vicie tout ce qu'elle touche.

L'auteur examine ensuite tout ce qu'il y aurait à faire — et les moyens d'y arriver — pour régénérer la montagne économiquement et culturalement; toutes les forces vives de la nation doivent y concourir, État, particuliers, collectivités diverses, chacun selon les moyens d'action qui lui sont propres.

Un dernier chapitre intitulé : « Les amis des arbres » s'occupe des sociétés et associations formées en vue de la cause forestière, soit qu'il s'agisse de reboisement et de réglementation du pâturage en montagne, soit qu'il s'agisse de promouvoir les meilleurs modes de culture et d'exploitation de bois. L'Association centrale

pour l'aménagement des montagnes et la Société forestière de Franche-Comté et Belfort, vu leur grand développement et leur importance, occupent la place principale dans ce chapitre final.

Les différents projets ou propositions de lois en faveur des forêts figurent en Annexes à la fin du volume.

Toute personne étrangère à la sylviculture se demandera ce que peut bien être le *Jardinage forestier*. C'est, d'après le vieux forestier expérimenté et retraité qu'est notre collègue et ami Antonin Rousset, la « Méthode naturelle d'aménagement des forêts en futaie », laquelle n'a pas grand'chose de commun avec le jardinage des laitues ou des tomates ; tout au plus pourrait-on le comparer à la culture des asperges qu'on va cueillir au fur et à mesure qu'elles sortent de terre dans l'aspergerie.

Nous disons que le jardinage forestier est la méthode naturelle. Comment, en effet, agit la nature dans une forêt où l'homme n'a pu encore pénétrer ? Il s'y trouve des arbres de tous les âges : sur l'emplacement de ceux que la vieillesse ou la mort ont fait tomber, germent les graines des arbres restés debout, et c'est ainsi que, sur tous les points de cette forêt, se trouvent rassemblés des arbres de tous les âges.

Que le forestier intervienne pour tirer profit de cette richesse naturelle, comment opérera-t-il ? Il fera abattre les plus gros arbres, à partir d'un diamètre déterminé, à rechercher sur la surface de toute la forêt ou d'une portion énorme de la forêt. Quelques années plus tard, il procédera de même sur des arbres qui auront atteint alors le diamètre reconnu comme exploitable. Et ainsi de suite indéfiniment.

Cette méthode, qui depuis 180 ans a fait ses preuves, a été selon M. Rousset, beaucoup trop abandonnée. On ne l'applique guère qu'aux montagnes dans les forêts d'*abies pectinata* pur ou mélangé avec le hêtre. Elle convient cependant à toutes les essences et n'a pas donné les mêmes mécomptes que souvent la méthode du réensemencement naturel et des éclairées, dite « méthode naturelle » bien qu'elle soit essentiellement artificielle.

La cause de la méthode jardinatoire est soutenue avec science, talent et compétence par M. Rousset et offre le plus grand intérêt aux possesseurs de forêts en futaie.

C. de Kirwan.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

L'origine du concept de l'irrationalité des nombres chez les Grecs. — Dès le milieu du ve siècle, dit Paul Tannery, dans sa *Géométrie Grecque* (1), il a dû exister un traité de géométrie portant le nom de Pythagore et présentant déjà le même cadre que les *Éléments* d'Euclide. Quels progrès successifs ont amené cette première ébauche, sans doute bien imparfaite encore, à la forme classique qui devait s'imposer à l'enseignement ? Voilà ce qu'il serait intéressant de connaître.

« Proclus, dans son résumé historique, nous a conservé les noms de trois ou quatre auteurs d'*Éléments* antérieurs à Euclide : Hippocrate de Chio, Léon, Theudios de Magnésie, Hermotime de Colophon. Mais ces noms sont inconnus, sauf le premier, et les renseignements que nous possédons sur Hippocrate sont relatifs à des travaux en dehors du cadre d'Euclide ; nous devons chercher ailleurs.

» Il est à remarquer que Proclus, quand il parle, soit des travaux d'Hermotime, soit de ceux d'Euclide, indique chaque fois, comme précurseurs, deux géomètres qu'il ne cite pas comme auteurs d'*Éléments*, mais sur les travaux desquels il a spécialement attiré l'attention. Il semble donc que ces deux géomètres, Eudoxe et Théétète, soient en effet ceux qui aient joué le rôle le plus important, dans le développement de la géométrie de Pythagore à Euclide.

(1) Paris, Gauthier-Villars, 1887, ch. VII. La constitution des éléments, p. 95.

« Est-il permis de préciser le rôle de chacun d'eux, de déterminer les théories spéciales qui leur sont dues ? »

Des documents positifs rendent la réponse relativement aisée pour Eudoxe. Il créa entre autres la théorie des proportions et démontra que la pyramide et le cône valent respectivement le tiers du prisme et du cylindre de même base et de même hauteur. On est beaucoup moins fixé sur la part qu'il faut attribuer à Théétète. Il travailla à édifier la théorie des irrationnelles. Énoncée en ces termes généraux, la chose est hors de doute. Mais quelle contribution précise y apporta-t-il ? Problème ardu, qui vient de faire l'objet d'un beau travail de M. Vogt, dans la Bibliotheca Mathematica (1), et d'une réplique non moins importante de M. Zeuthen, dans le Bulletin de l'Académie Royale des Sciences et des Lettres de Danemark (2).

Voici le nœud de la difficulté. S'il nous manque, d'un côté, des témoignages positifs sur la part qui revient à Théétète dans la constitution de la théorie des irrationnelles, de l'autre les simples allusions au rôle qu'il y joua ne manquent pas. Très claires sans doute pour les savants grecs contemporains auxquels elles rappelaient des faits notoires, ces allusions sont d'ordinaire devenues difficiles à deviner pour nous. On voit quel vaste champ s'ouvre ainsi aux conjectures et à la discussion. La marche à suivre par l'historien s'impose cependant : faire le relevé complet de tous les passages des auteurs anciens capables de répandre quelque lumière sur le sujet ; en donner la traduction la plus fidèle possible ; en déterminer enfin les conséquences historiques les plus probables.

Les deux premières parties de ce programme sont traitées, par M. Vogt, de main d'ouvrier. Le principal morceau étudié est un fragment assez long du *Théétète* de Platon. Helléniste de talent, M. Vogt, tant qu'il traduit, est irréprochable ; mais examinons sa critique historique.

(1) 3e sér. t. X, Leipzig, 1909-1910. *Die Entdeckungsgeschichte des Irrationalen nach Plato und anderen Quellen des 4 Jahrhunderts*, von Heinrich Vogt, in Breslau.

(2) *Notes sur l'Histoire des Mathématiques. — VIII. Sur la constitution des Livres arithmétiques des Éléments d'Euclide et leur rapport à la question de l'irrationalité*, par H. G. Zeuthen. Oversigt over det kgl. Danske videnskabernes selskabs forhandlinger, 1910, pp. 395-435. L'article de M. Zeuthen est écrit en français. Il fait suite à une série de mémoires publiés par l'auteur dans le même recueil, de 1893 à 1897. J'en ai donné autrefois ici la liste, t. 52, juillet 1902, p. 274.

« Tout en étant une fiction poétique, dit-il, le dialogue de Platon donne un véritable exposé historique des contributions apportées, par Théodore de Cyrène et par Théétète, à la découverte de l'irrationalité. »

D'accord, personne ne le conteste.

Ceci concédé, M. Vogt croit pouvoir tirer du dialogue et d'autres documents secondaires qu'il a analysés, les quatre conclusions suivantes :

1° Dès avant 410, les disciples immédiats de Pythagore ont connu et démontré l'incommensurabilité de la diagonale du carré avec le côté ; mais ils voyaient dans ce fait une pure singularité.

2° Théodore de Cyrène (vers 410-390) a résolu d'une manière complète le problème inverse de l'élévation au carré. Généralisant les idées de Pythagore, il a reconnu que l'irrationalité des racines était un fait ordinaire.

3° Théétète d'Athènes (vers 390-370) a jeté les bases d'une théorie générale des irrationnelles quadratiques et établi leurs propriétés principales.

4° Euclide (vers 330) a édifié la théorie des irrationnelles, achevé la classification des racines carrées de divers genres, introduit enfin dans la science les irrationnelles biquadratiques. Voir le Livre X des *Éléments*.

C'est ici qu'intervient M. Zeuthen. Tout en rendant hommage à l'érudition patiente de M. Vogt et à son grand talent de philologue, le professeur de Copenhague ne se rallie pas aux conséquences historiques, que son collègue de Breslau tire des documents analysés.

« A première vue, dit-il, on pourrait croire légitimes les conclusions de M. Vogt. Néanmoins l'usage des conclusions de cette nature demande, dans l'histoire des mathématiques, les plus grandes précautions. Platon, dans le *Théétète*, parle comme le font souvent ceux qui rapportent la découverte d'une vérité nouvelle : ils l'attribuent à celui qui en a achevé la démonstration, sans rappeler ce qui avait déjà été fait à cet égard par ses prédécesseurs. C'est leur droit strict. La vérité n'est pas constatée tant qu'il manque un seul terme à sa démonstration ; mais il n'est pas permis pour cela d'attribuer tout l'honneur de la découverte à celui qui a fait le dernier pas. »

Distinction fort nécessaire. Ne pas en tenir compte, serait vouloir taire le nom de Cavalieri, par exemple, dans l'invention du calcul infinitésimal, parce qu'avec nos exigences actuelles,

nous regardons ses démonstrations comme peu rigoureuses. Or voilà cependant l'écueil contre lequel, d'après M. Zeuthen, serait venu échouer M. Vogt.

« Pour tirer les justes conclusions du témoignage de Platon, dit-il, il faut examiner avec soin quelle portée peuvent avoir eue les progrès dont il parle. Or cette recherche est possible, car nous connaissons la théorie de l'irrationalité des racines à laquelle Théétète a apporté les derniers perfectionnements. Ce doit être celle des *Éléments* d'Euclide, abstraction faite des continuations et adaptations dues à l'auteur de ce livre fameux. Nous devons retrouver la théorie de Théétète parmi les pierres dont le bâtiment d'Euclide est composé. »

Un examen approfondi d'Euclide est en effet ce qui manque le plus dans le beau mémoire de M. Vogt. M. Zeuthen le prend à son compte, avec cet incomparable talent de géomètre et cette critique judicieuse auxquels il nous a habitués. Impossible de suivre en détail sa discussion du plan des livres arithmétiques d'Euclide. Admettant, comme un principe, que les *Éléments* sont trop parfaits, non seulement pour manquer de logique, mais même pour contenir des théories répétées sans raison : « On doit s'être occupé de l'irrationalité des racines, conclut-il, bien avant que Théodore reconnût la nécessité de l'assurer par des démonstrations plus rigoureuses que celles qui se présentèrent immédiatement à l'esprit de celui qui le premier reconnut l'irrationalité de $\sqrt{2}$; bien avant que Théétète ait donné à l'irrationalité un fondement aussi général que sûr.

» Ces considérations m'inspirent sur la connaissance antérieure des quantités irrationnelles des opinions tout à fait opposées aux conclusions du mémoire de M. Vogt. Longtemps avant Théodore on a dû s'occuper de la rationalité, non seulement de $\sqrt{2}$, mais encore d'autres racines carrées, et probablement aussi de racines supérieures des nombres entiers et des fractions. »

Voilà une affirmation que le professeur de Breslau regarderait probablement comme gratuite ; car il observe expressément que les démonstrations historiques et positives nous manquent pour d'autres quantités que $\sqrt{2}$.

D'accord, lui répond M. Zeuthen qui prévoit l'objection. Mais ce que, d'après lui, on saurait encore beaucoup moins admettre sans document historique et positif, c'est l'existence d'une discontinuité invraisemblable dans le développement de la science. Or, il faudrait passer par là, si après la découverte de l'irrationalité de $\sqrt{2}$, les géomètres grecs n'avaient pas même pensé à celle des

autres racines carrées, avant d'en créer néanmoins une théorie aussi fine que celle qu'ils nous ont laissée. « Selon moi, ajoute-t-il, la connaissance de l'irrationalité de $\sqrt{2}$ devait entraîner immédiatement après elle la question de la rationalité des autres racines. »

Un peu plus loin je note encore au passage cette réflexion fort juste :

« Les traditions historiques, avait dit M. Vogt, notre intelligence des conditions nécessaires à la naissance d'une science, nous permettent d'attribuer à la géométrie des Pythagoriciens sa place dans la géométrie grecque ; de reconstruire même le développement du plus simple au plus composé, qui s'est fait en elle. »

« Oui, lui répond de nouveau M. Zeuthen, mais il s'agit alors avant tout de trouver cette place dans la géométrie grecque telle que nous la connaissons par les *Éléments* d'Euclide, et d'avoir égard aux différents stades des théories, qui ont fini par s'y présenter sous une forme développée et consciente. C'est plus sûr que de s'appuyer sur un classement des connaissances d'après le degré de simplicité et les rapports entre elles qu'elles ont à nos yeux. C'est en même temps plus facile ; car, aux époques fécondes de l'esprit humain, les progrès successifs des idées, les exigences croissantes des démonstrations, le développement des moyens pour y satisfaire vont toujours plus lentement que la succession des progrès matériels du savoir. Il ne faut pas croire, par exemple, que la connaissance de l'irrationalité ait provoqué immédiatement tous les raffinements logiques avec lesquels l'a traitée Euclide. Même les scrupules, qui ont conduit à ces raffinements, ont eu besoin de quelque temps pour se manifester. Le calcul infinitésimal proprement dit existait depuis deux siècles, avant qu'on ait pensé à lui donner pour introduction une théorie des ensembles. »

Je m'arrête, car ces quelques extraits suffisent pour montrer au lecteur combien les mémoires de MM. Vogt et Zeuthen sont tous deux remplis d'intérêt. Je dis intentionnellement tous deux. Je ne voudrais pas, en effet, qu'on puisse s'y méprendre. Sans doute, s'il faut me prononcer, j'incline plutôt vers M. Zeuthen. Il est bien clair cependant, que si les arguments du professeur danois donnent à sa thèse une solide vraisemblance, ils ne vont pas plus loin et n'engendrent pas la certitude. Admettons même que cela soit, encore faudrait-il se rappeler le mot de Paul Tannery : « Dans les travaux de critique et d'érudition, quand on

vient le second en date, on profite nécessairement du labeur de son devancier et il est aisé de prendre sur lui l'avantage ; on ne lui enlève rien de son mérite pour cela. » M. Zeuthen en conviendrait d'autant plus volontiers, qu'il a, je l'ai déjà dit, la bonne grâce d'appeler lui-même l'attention sur la valeur du mémoire de M. Vogt, objet de sa polémique.

La Bibliotheca Mathematica (1). — Sans analyser les autres articles de la BIBLIOTHECA MATHEMATICA, comme celui de M. Vogt, voici les titres des principaux d'entre eux. A l'occasion, nous y ajouterons, entre parenthèses, quelques très courtes observations.

Généralités.— Sur les diverses manières d'écrire l'histoire des mathématiques, par G. Eneström (2). (Fait suite à une série d'articles antérieurs sur des sujets analogues). La quadrature du cercle chez les Chinois, par Yioshio Mikami (3). Le programme du cours d'histoire des mathématiques à l'Institut technique du Massachusetts, par H. W. Tyler (4).

Moyen Age.-- Les deux Aryabhatas, par G. R. Kaye (5). Pour la trigonométrie des Arabes, par H. Suter (6). (Établissement de la loi fondamentale de la proportion des sinus entre les angles et les côtés opposés des triangles rectilignes et sphériques, par une démonstration, que von Braunmühl n'a pas donnée dans ses *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie* (7)). Le traité d'Abu Kamil Shoga b. Aslam sur le pentagone et le décagone réguliers, par H. Suter (8). (G. Sacerdote avait publié, en 1896, une traduction italienne de ce traité dans le *Festschrift zum achtigsten Geburtstage Moritz Steinschneider* (9)) ; mais ce recueil

(1) BIBLIOTHECA MATHEMATICA — Zeitschrift für Geschichte der mathematischen Wissenschaften. Herausgegeben von G. Eneström in Stockholm. 3 Folge. Zehnter Band. Mit Bildnis von G. Schiaparelli als Titelbild, und 54 Textfiguren. Leipzig, B. G. Teubner, 1909-1910.

(2) *Zur Frage der verschiedenen Arten mathematischer Geschichtsschreibung*, von G. Eneström, in Stockholm, pp. 1-14.

(3) *The circle-squaring of the Chinese*, by Yoshio Mikami, at Ohara (Kazusa), pp. 193-200.

(4) *On the course in the history of mathematics in the Massachusetts Institute of Technology*, by M. W. Tyler, in Boston, pp. 48-52.

(5) *The two Aryabhatas*, by G. R. Kaye, in Simla, India, pp. 289-292.

(6) *Zur Trigonometrie der Araber*, von Heinrich Suterin. Zürich, pp. 156-160.

(7) T. I., Leipzig, Teubner, 1900.

(8) *Die Abhandlung des Abu Kamil Shoga b. Aslam « über das Funfeck und Zehneck »*, von Heinrich Suter, in Zürich, pp. 15-42.

(9) Leipzig, O. Harassowitz, 1896, pp 169-194. *Il trattato del pentagono e del decagono di Abu Kamil Shogia ben Aslam ben Mahammed.*

est devenu rare et la version de Sacerdote était déparée par de multiples fautes. M. Suter nous donne cette fois une traduction en allemand, accompagnée d'un commentaire). Le traité d'Ibn al Haïtam sur le miroir parabolique, par J. L. Heiberg et E. Wiedemann (1). (1° Introduction. 2° Traduction allemande du texte. 3° Version latine du même texte. 4° Notes et commentaires). L'original arabe nous a été conservé dans deux manuscrits : Londres, India Office Nr. 7345 ; Leyde, Cod. 161 (3). Gol. Nr 1010 du catalogue. La version latine est probablement de la plume de Gérard de Crémone. On en possède de nombreuses copies dont les éditeurs donnent la liste. La première moitié du traité avait déjà été publiée à Louvain, en 1548, par A. Gogava, dans une édition de l'*Opus quadripartitum* de Ptolémée (2). Le traité d'Ibn al Haïtam sur le miroir sphérique, par E. Wiedemann (3). (Traduction allemande d'après un manuscrit arabe, Londres, Indian Office, 734, n. 3. Le traité du miroir sphérique peut être considéré comme le complément du traité du miroir parabolique du même auteur).

Histoire Moderne. — Sur un prétendu algorithme des fractions décimales, dans quelques très anciens manuels de calcul, par G. Eneström (4). Note sur l'histoire de la règle à calcul, par Florian Cajori (5). (L'auteur a récemment donné trois notes sur des

(1) *Ibn al Haïtams Schrift über parabolische Hohlspiegel*, von J. L. Heiberg in Köberhavn und E. Wiedemann, in Erlangen, pp. 201-237.

(2) *Cl. Ptolemaei Pelusiensis Mathematici Operis Quadripartiti. In Latinvm Sermonem Tradvctio : Adiectis libris posterioribus. Antonio Gogava Graviens. Interprete. Ad Clarissimvm Principem Maximilianvm Comitem Bvrens. Item, De Sectione Conica Orthogona, quae parabola dicitur : Deq ; Specvlo Vstorio, Libelli duo, hactenus desiderati : restituti ab Antonio Gogava Graviensi. Cum praefatione D. Gemmae Frisii, Medici Mathematici clariss. Cvm Gratia Et Privil : Lovanii Apud Petrum Phaloesium, ac Marinum Rotarium. Anno M.D.XLVIII. Mense Octobri.*

A la fin : *Louanii excudebat Iacobus Bativs typogr. iur.*

In-4° de 148 pp. non numérotées, mais signées. J'en connais deux exemplaires à la Bibliothèque Royale de Belgique, II. 53787 et II, 99751. Cet ouvrage présente une particularité intéressante au point de vue belge, que M. Suter, cela va sans dire, a cru superflu de relever, c'est d'être présenté au lecteur par notre célèbre Gemma Frisius, dans une dédicace datée de Louvain, et du 17 octobre 1548.

(3) *Ibn al Haïtams Schrift über die sphärischen Hohlspiegel*, von E. Wiedemann, in Erlangen, pp. 293-207.

(4) *Ueber das angebliche Dezimalbruchzeichen einiger der ältesten gedruckten Rechenbücher*, von G. Eneström, in Stockholm, pp. 238-243.

(5) *A note on the history of the slide rule*, by Florian Cajori in Colorado Springs, pp. 161-163.

sujets connexes, dans le COLORADO COLLEGE PUBLICATION (1). Sur un emploi prétendu des coordonnées curvilignes chez Leibniz, par G. Eneström (2). Une légende sur l'extraordinaire activité d'Euler au travail, par G. Eneström (3). Une tentative d'Euler pour éviter les quantités complexes dans l'intégration des équations différentielles linéaires, par A. Vivanti (4). L'explication de l'ambiguïté des intégrales elliptiques chez Jacobi et Puiseux, par A. Krazer (5). Essai historique sur le développement de la théorie des groupes d'ordre fini, par G. A. Miller (6). Schiaparelli historien de l'astronomie ancienne, par G. Loria (7). (Schiaparelli naquit à Savigliano le 14 mars 1835 et mourut à Milan, le 4 juillet 1910. Dans cette notice biographique M. Loria ne considère l'illustre directeur de l'observatoire de la Brera qu'au point de vue de ses travaux historiques, sans s'occuper de ses mérites comme astronome).

Ce volume de la Revue dirigée par M. Eneström est digne des précédents.

La méthode d'approximation de Newton pour la résolution des équations, par Cajori (8). — Dans la plupart des traités d'algèbre, la méthode d'approximation de Newton pour la résolution des équations est exposée à peu près en ces termes :

(1) *Aaron Palmer's Computing Scalea*, by professor Florian Cajori. COLORADO COLLEGE PUBLICATION, General Series N° 42. Colorado Springs, Colorado, June 1909, pp. 111-119; *John E. Fuller's Circular Slide Rules*, by professor Florian Cajori, même vol., pp. 120-122; *On the invention of the Slide Rule*, by professor Florian Cajori. COLORADO COLLEGE PUBLICATION. General Series N° 47. Colorado Springs, Colorado, February 1910, pp. 176-185.

(2) *Ueber das angebliche Vorkommen krummliniger Koordinaten bei Leibniz*, von G. Eneström, in Stockholm, pp. 43-47.

(3) *Eine Legende von dem eisernen Fleisse Leonhard Eulers*, von G. Eneström, in Stockholm, pp. 308-316.

(4) *Un tentativo di Eulero di evitare le quantità complesse nella integrazione delle equazioni differenziali lineari*, di G. Vivanti, in Pavia, pp. 244-249.

(5) *Die Erklärung der Vieldeutigkeit der elliptischen Integralen bei Jacobi und Puiseux*, von A. Krazer, in Karlsruhe, pp. 250-259.

(6) *Historical sketch of the development of the theory of groups of finite order*, by G. A. Miller, in Urbana, pp. 317-329.

(7) *Giovanni Schiaparelli quale storico dell' antica astronomia*, di Gino Loria, a Genova, pp. 330-340.

(8) *Historical Note on the Newton-Raphson method of approximation*, by Florian Cajori, Colorado College. THE AMERICAN MATHEMATICAL MONTHLY, PUBLISHED UNDER THE JOINT AUSPICES OF THE UNIVERSITY OF CHICAGO AND THE UNIVERSITY OF ILLINOIS, t. XVIII. Office of publication : Drury College, Springfield, Missouri, U. S. A.; 1911, pp. 29-32.

Soit

$$f(x) = 0$$

l'équation proposée, et $x = r$ une valeur approchée de la racine. Faisons $x = r + h$, il vient

$$f(r + h) = f(r) + h\,f'(r) + \frac{h^2}{1 \cdot 2} f''(r) + \ldots.$$

Déterminons h par l'équation

$$f(r) + h\,f'(r) = 0 \qquad \text{d'où} \qquad h = -\frac{f(r)}{f'(r)}$$

En faisant maintenant

$$r' = r - \frac{f(r)}{f'(r)}$$

r' sera en général une valeur plus rapprochée de x que ne l'était r. Si on pose de même

$$r'' = r' - \frac{f(r')}{f'(r')}$$

r'' sera une valeur plus rapprochée de x que r' ; et ainsi de suite.

Cette méthode porte à tort le nom de méthode de Newton, dit M. Cajori, elle semble plutôt due à Joseph Rawson, qui l'aurait publiée à Londres, dans son *Analysis aequationum universalis*. M. Cajori n'a pas le volume en mains et fait ses citations d'après Wallis et d'autres. Peu importe, car tout l'intérêt de son article consiste à nous dire quelle était au juste la méthode de Newton. La voici d'après l'*Analysis per aequationes numero terminorum infinitas* (1).

Soit à résoudre

$$y^3 - 3x + 5 = 0$$

et soit 2 un nombre différent, de moins de son dixième, de la valeur de la racine (2). Je pose $2 + p = y$. En remplaçant y par cette valeur dans la proposée, il vient

$$p^3 + 6p^2 + 10p - 1 = 0$$

(1) Publiée pour la première fois à Londres, en 1711. M. Cajori cite les *Isaaci Newtoni Opera*, Éd. de Horsley, Londres, 1779-1785, t. I, pp. 268-269. J'ai sous les yeux, pour contrôler les citations, les *Isaaci Newtoni Opuscula*. Genève et Lausanne, Bousquet, 1744, t. I. Le passage se trouve pp. 10-12.

(2) « Sit 2 numerus qui minus quam decima sui parte differt a radice quaesita » dit Newton (*Cajori*, p. 30 ; *Opuscula*, t. I, p. 10). Il semble cependant l'entendre de la valeur absolue à moins de 0,1 et non pas d'une valeur approchée relative.

équation dont il faut déterminer la racine p, pour l'ajouter à la valeur de y déjà trouvée. Les termes $p^3 + 6p^2$ étant très petits sont négligeables. Donc

$$10p - 1 = 0 ; \qquad \text{d'où} \qquad p = 0,1$$

est une valeur approchée.

Je pose $0,1 + q = p$. Substituant comme tantôt, mais cette fois dans l'équation en p, il vient

$$q^3 + 6,3q^2 + 11,23q + 0,061 = 0.$$

Or $q^3 + 6,3q^2$ étant de nouveau négligeables

$$11,23q + 0,061 = 0 ; \qquad \text{d'où} \qquad q = -0,0054$$

est une valeur approchée de la racine.

En supposant

$$0,0054 + r = q$$

je substitue dans l'équation en q et je continue de même, aussi longtemps que je veux. Il vient, en ne tenant pas compte du terme en q^3 à cause de sa petitesse

$$6,3r^2 + 11,16196r + 0,000541708 = 0.$$

D'où négligeant le terme $6,3r^2$

$$r = \frac{-0,000541708}{11,16196} = -0,00004853.$$

J'obtiens donc enfin pour y

$$y = 2,09455147$$

Newton résume tout le calcul en tableau. Il n'est pas sans intérêt de le transcrire ici. Les exemples de calculs très élémentaires laissés par les princes de la géométrie sont rares. On s'instruit toujours à voir comment ils s'y prennent.

La différence entre la vraie méthode de Newton et celle qui porte à tort aujourd'hui son nom saute aux yeux. Les quotients successifs de cette dernière $\frac{f(r)}{f'(r)}$, $\frac{f(r')}{f'(r')}$ etc. se prennent constamment dans l'équation proposée ; Newton, au contraire, obtient des quotients du même genre en partant d'équations chaque fois différentes. Cantor, dans ses *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik* (1), a résumé la méthode de Newton avec son talent ordinaire, mais sans faire remarquer qu'elle diffère notablement

(1) 2me éd., t. III, Leipzig, 1901, pp. 105 et 106.

de la manière dont nos traités d'algèbre la présentent. Il faut savoir gré à M. Cajori d'y avoir appelé l'attention.

$y^3 - 2y - 5 = 0$		$+2{,}10000000$ $-0{,}00544853$ $+2{,}09455147 = y$
$2 + p = y$	y^3 $-2y$ -5 Summa	$+8 + 12p + 6p^2 + p^3$ $-4 - 2p$ -5 $-1 + 10p + 6p^2 + p^3$
$0{,}1 + q = p$	p^3 $+6p^2$ $+10p$ -1 Summa	$+0{,}001 + 0{,}03q + 0{,}3q^2 + q^3$ $+0{,}06 + 1{,}2 + 6{,}0$ $+1 + 10$ -1 $+0{,}061 + 11{,}23q + 6{,}3q^2 + q^3$
$-0{,}0054 + r = q$	$+6{,}3q^2$ $+11{,}23q$ $+0{,}061$ Summa	$+0{,}000183708 - 0{,}06804r + 6{,}3r^2$ $-0{,}060642 + 11{,}23$ $+0{,}061$ $+0{,}000541708 + 11{,}16196r + 6{,}3r^2$

$-0{,}00004854 + s = r$

Karl Wilhelm Feuerbach, par Moritz Cantor (1). — Feuerbach a attaché son nom au cercle des neuf points du triangle. Nos élèves, grâce à cette circonstance, ont conservé le souvenir de ce géomètre. Mais qui était Feuerbach ? quels sont ses travaux ? Les historiens des mathématiques, chose étrange, n'en savaient guère plus long que les élèves. C'était, en 1877, le cas pour M. Moritz Cantor lui-même, quand il écrivit la notice de Feuerbach, dans l'*Allgemeine Deutsche Biographie* (2). L'illustre auteur des *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*

(1) *Karl Wilhelm Feuerbach*, von Moritz Cantor in Heidelberg. SITZUNGSBERICHTE DER HEIDELBERGER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN. Stiftung Heinrich Lanz. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. Jahrgang 1910, 25 Abhandlung, Heidelberg, Carl Winter, 1910.

(2) T. VI, p. 747.

nous donne aujourd'hui les renseignements qui lui faisaient alors défaut.

Karl Wilhelm von Feuerbach, fils d'un criminaliste de valeur, Anselme von Feuerbach, président à la cour d'appel d'Ansbach, naquit à Iéna le 30 mai 1800. Sa carrière fut des plus courtes, car le 12 mars 1834, il s'éteignait, à la fleur de l'âge, professeur de mathématiques au gymnase d'Erlangen. Karl commença ses études au gymnase d'Ansbach et les termina à Fribourg-en-Brisgau. Dès 1823, nous le trouvons comme professeur de mathématiques à ce gymnase d'Erlangen où il devait si prématurément finir ses jours. L'année avant sa nomination au gymnase, il avait donné le mémoire qui a immortalisé son nom : *Sur les points et les lignes remarquables du plan du triangle* (1). On y trouve notamment les propositions suivantes :

1° La distance du point de concours des hauteurs aux trois sommets du triangle est double de celle du centre du cercle circonscrit aux côtés opposés aux sommets.

2° Le centre de la circonférence qui passe par les pieds des trois hauteurs se trouve au milieu de la droite joignant le point de concours des hauteurs au centre du cercle circonscrit.

3° La circonférence déterminée par les pieds des hauteurs passe aussi par les pieds des trois médianes.

Quant aux milieux des segments, joignant le point de concours des hauteurs aux trois sommets, il n'en est pas question chez Feuerbach. Le cercle des neuf points n'est donc encore pour lui qu'un cercle de six points.

Outre le mémoire sur le triangle rectiligne, Feuerbach en écrivit un sur la pyramide (2), qui parut à Nuremberg, en 1827. Dès l'année précédente, il en avait donné l' « Introduction » dans Isis (3), journal mensuel publié à Iéna, de 1817 à 1848, sous la direction de Lorenz Oken. Au cours de cette « Introduction », Feuerbach promettait un deuxième travail sur la pyramide. La

(1) *Eigenschaften einiger merkwürdigen Punkte des geradlinigen Dreiecks und mehrerer durch sie bestimmten Linien und Figuren.* Eine analytisch-trigonometrische Abhandlung von Karl Wilhelm Feuerbach, der Philosophie Doktor.. Nürnberg, 1822, bei Riegel und Wiesner. In-4° de 62 pp.

(2) *Grundriss zu analytischen Untersuchungen der dreieckigen Pyramide* von Dr Karl Wilhelm Feuerbach, Professor der Mathematik. Nürnberg, 1827, in Kommission bei Riegel und Wiesner. In-4° de 48 pp.

(3) *Einleitung zu dem Werke Analysis der dreieckigen Pyramide durch die Methode der Coordinaten und Projectionen.* Ein Beitrag zu der analytischen Geometrie von Dr Carl Wilhelm Feuerbach, k. b. Prof. d. Math. Isis von Oken. Jahrgang 1826. Jena in der Expedition, 1826, col. 565-569.

mort en arrêta la publication et le mémoire resta inédit. Le manuscrit a heureusement été conservé dans la famille de l'auteur et les héritiers ont eu l'obligeance de le communiquer à M. Cantor.

Parmi les nombreuses remarques intéressantes faites par le professeur d'Heidelberg sur les écrits de Feuerbach, en voici une plus inattendue que les autres, car elle concerne un problème d'histoire des mathématiques résolu, non pas cette fois par M. Cantor, mais par Feuerbach lui-même. Il s'agit d'une proposition très classique, qui fait toujours songer au théorème de Pythagore : Si un tétraèdre renferme un angle solide trirectangle, le carré de la face opposée sera égal à la somme des carrés des trois autres.

« Tinseau, dit Feuerbach, la donna comme nouvelle (Mémoires présentés, t. IX) ; plus tard, de Gua en revendiqua à son tour la paternité (Mémoires de l'Académie des Sciences, Paris, 1783) ; l'un et l'autre ont ignoré que Jean Faulhaber l'avait antérieurement publiée déjà, dans son *Miraculosum Arithmeticorum* (fol. 74-75) et dans son *Ingenieur-Schule* (t. I, Francfort, 1630, p. 153). »

H. Bosmans, S. J.

SCIENCES ÉCONOMIQUES

Le problème du logement populaire. — Un exemple d'intervention municipale, d'après un document récent (1). — A l'occasion de l'Exposition universelle et internationale de Turin, la « Commission pour les maisons hygiéniques, économiques et populaires de Venise » vient de publier un important mémoire où se reconnaît le style éloquent et généreux de son distingué Secrétaire, M. E. Orsoni, et dans lequel, après des considérations générales sur le problème de l'habitation populaire et sur l'intervention municipale dans sa solution, sont décrits les moyens employés à Venise par la Commune et par la Commission pour améliorer et développer le logement. Ce mémoire est accompagné de nombreuses annexes : documents

(1) *Le Case sane economiche e popolari del Commune di Venezia* ; Bergamo, Instituto italiano d'arti grafiche, 1911.

officiels, règlements, comptes, plans et dessins avec légendes et notices explicatives, qui font pénétrer jusque dans les moindres détails de l'œuvre méritoire de salubrité publique qui, commencée à Venise depuis plus de vingt ans, ne cesse de s'y poursuivre avec autant de dévouement que d'intelligence.

Je m'efforcerai de traduire fidèlement en raccourci les opinions et les faits que contient le mémoire de la Commission.

La question du logement est une question sociale très importante ; ici l'individu n'est pas autant en cause que la famille. La famille est la véritable molécule sociale et sur elle l'habitation, au point de vue des mœurs et du développement des facultés physiques et intellectuelles, a la plus grande influence. Le problème de l'habitation ne doit pas être envisagé sous l'angle des opinions politiques ou philosophiques. Tous les hommes de bonne volonté peuvent et doivent s'unir pour lui donner la meilleure solution. Cette solution est, d'ailleurs, difficile ; pour l'atteindre, le cœur doit inspirer l'intelligence. Il faut, en cette matière, éclairer et émouvoir l'opinion publique, la convaincre de la nécessité d'une action énergique, et amener ainsi le législateur à prendre des mesures efficaces auxquelles s'attache le caractère de bienveillance démocratique qui imprègne de plus en plus, en l'élargissant, le droit moderne.

L'on ne peut séparer la question du logement de celle de *l'urbanisme*, c'est-à-dire de cette attraction qu'exercent autour d'elles les vastes agglomérations humaines qui s'accroissent ainsi de plus en plus : phénomène dont les causes sont multiples et complexes, auquel la révolution industrielle du XIXe siècle a fortement contribué, mais qui ressortit davantage qu'il ne paraît à l'instinct de sociabilité et à l'attirance des lieux où se manifeste le plus complètement toute la puissance, où s'étalent de la façon la plus séduisante tous les attraits de la civilisation. L'urbanisme est fatal s'il conduit à la congestion des foules humaines, à l'oppression morale et matérielle des faibles et des malheureux ; il appelle une législation qui soit à la fois un instrument de protection et un instrument d'élévation pour le prolétariat manuel et intellectuel.

La solution du problème du logement doit trouver lumière et élément dans les œuvres sociales qui tendent à l'amélioration de l'individu et s'efforcent de le rendre capable de s'appuyer sur lui-même, de coopérer au bien-être général dont en retour il recueillera les fruits. Ces œuvres sociales se distinguent des œuvres de pure bienfaisance, qu'il n'est, d'ailleurs, nullement

question de supprimer, et où elles peuvent aller chercher leur inspiration et retremper leur ardeur aux sources fécondes de la charité.

La société a pour devoir de chercher à assainir, améliorer et embellir l'habitation du pauvre et du besogneux. Par le logis sain, suffisant et riant, on combat la tuberculose, l'alcoolisme et la débauche. La promiscuité, conséquence de l'entassement dans des maisons trop étroites, engendre la maladie et l'immoralité, et l'homme, jeté en désœuvré sur le pavé des grandes villes par le désordre et l'infection de sa demeure, est une proie trop facile pour toutes les tentations qui sollicitent ses mauvais instincts.

Les maisons malsaines contaminent le corps social ; les lois sur l'hygiène publique, aussi bien que la morale, les condamnent. Rien ne sert, d'autre part, qu'une maison soit saine si l'homme s'y entasse à l'excès. Ici se pose le problème des familles nombreuses, auxquelles tant de propriétaires refusent leurs maisons ; dans les familles nombreuses, à cause des mauvaises conditions du logement, la dignité familiale est très menacée. On comprend que ces familles nombreuses soient aidées par les pouvoirs publics à trouver un abri décent et économique, qui soit pour elles un moyen de surmonter plus facilement les difficultés matérielles de la vie et le péril moral de l'existence.

Dans la question du logement les pouvoirs publics peuvent intervenir de plusieurs façons :

1° en substituant totalement ou partiellement leur action à l'action privée ;

2° en fondant des œuvres sociales où viennent s'associer et se développer les efforts privés ;

3° en surveillant l'action privée, en déterminant son but et en fixant les conditions de son développement ;

4° en coordonnant leur action avec l'action privée ;

5° en donnant délégation à des organismes déterminés plus aptes qu'eux-mêmes à obtenir d'utiles résultats.

En principe, il convient de reconnaître que la véritable fonction des pouvoirs publics est de stimuler les initiatives privées et non de les supprimer, d'aider ou de tempérer les entreprises individuelles, et non de leur faire concurrence, d'agir de façon à respecter la liberté et la justice. Les pouvoirs publics doivent exercer à la fois une action modératrice et une action directrice. Construire eux-mêmes des maisons et les administrer, sans intermédiaire, ne peut être qu'exceptionnel ; c'est le cas, par exemple, lorsque sévit une crise édilitaire ou que l'action privée

fait défaut ou se montre inerte. Les pouvoirs publics ont à faire face aux besognes urgentes, à donner une leçon de choses, en se gardant, à la fois, de la bienfaisance pure et de la spéculation. Ils ne peuvent prétendre au rôle d'unique pourvoyeur du logement des classes laborieuses.

A Venise, ce ne fut pas l'accroissement de la population, mais l'insalubrité des quartiers populaires qui détermina la municipalité à intervenir dans la question du logement. Cette question se présentait sous un aspect particulièrement difficile à cause de la nature du sol, du manque d'air et de lumière dans les rues populeuses, et des bornes fixées à la bâtisse par l'étroitesse même des limites de la ville.

Il fut reconnu nécessaire de ménager des espaces libres dans les endroits où pouvaient encore s'élever des habitations pour les classes les plus pauvres de la population, de supprimer les centres d'infection, d'ouvrir de nouveaux accès à l'air salubre des lagunes, de créer des voies de communication plus commodes, sans enlever à Venise son caractère spécial, d'améliorer les égouts, en un mot, d'assainir la ville formée par de continuelles superpositions, par une conquête incessante sur l'eau environnante. La Municipalité se rallia à quarante-deux projets d'assainissement et de démolition, dont plusieurs furent abandonnés et dont d'autres ne sont pas encore exécutés.

Mais, après avoir veillé à l'épuration intérieure, il fallait se garder de la contamination du dehors ; il fallait empêcher que sur les confins de la cité ne se formassent des foyers d'infection.

De là, la nécessité d'étendre la juridiction de Venise, au delà des lagunes, sur la terre ferme, et d'y chercher un exutoire pour la population ouvrière chassée des anciens taudis par les expropriations, en même temps qu'un lieu d'accueil pour tous ceux que le développement de l'industrie et des services publics aurait attirés dans la ville.

Le Gouvernement a procédé aux cessions nécessaires.

D'autre part, l'on devait se tourner vers la mer évocatrice de la gloire du passé et prometteuse de nouvelles prospérités et songer à y occuper des îles pour y créer dans un site pittoresque des centres habités, tout baignés de lumière et caressés par les brises marines.

En 1891, la Commune institua des primes d'encouragement à la construction de maisons économiques destinées à la location. Elle comptait, en 10 années, affecter à ces primes une somme de 500.000 lire. Mais ces primes n'ont pas donné de

grands résultats, et à la fin de 1909 leur montant n'atteignait pas 250.000 lire.

En 1893, la Commune, sans abandonner le système des primes, décida de stimuler l'initiative privée en intervenant dans la construction même de maisons. Pour se procurer des fonds, elle passa avec la Caisse d'Épargne de Venise une convention, aux termes de laquelle la Caisse devait lui verser annuellement 80 % des sommes prélevées sur ses bénéfices annuels en faveur des œuvres de bienfaisance, aux fins de permettre d'amortir en trente-cinq années, capital et intérêts, un prêt de 500.000 lire qu'elle lui faisait d'autre part. Les excédents des versements de la Caisse d'Épargne sur les annuités réclamées par l'amortissement du prêt et les revenus nets des maisons construites devaient être affectés, à moins d'une décision contraire du Conseil communal prise de commun accord avec la Caisse d'Épargne, à la construction de nouvelles maisons. Les maisons devaient être propriété communale, mais la gestion en était confiée pour 35 ans à une Commission spéciale, présidée par le Syndic et composée de 6 membres dont trois nommés par le Conseil communal et trois par la Caisse d'Épargne. Les maisons ne pouvaient être vendues.

En 1903, la Commune décida d'affecter à ses frais un nouveau fonds de 500.000 lire à l'œuvre des habitations économiques, les maisons construites au moyen de ce fonds devant êtres gérées par la Commission et leur revenu net servir à de nouvelles constructions.

Jusqu'alors, la Caisse d'Épargne de Venise avait supporté, en fait, toutes les dépenses de l'entreprise des maisons municipales ; la Commune avait contracté un prêt dont le service ne lui coûtait rien. En 1903, la Commune assume de véritables charges financières.

La Commission apparaît comme une institution de bienfaisance publique, dont l'action s'exerce aux frais de la Caisse d'Épargne et de la collectivité et qui se caractérise par la mise à la disposition de certaines catégories de citoyens d'un logement meilleur que ceux dont, pour le même prix, ils auraient été forcés de se contenter.

Les loyers auraient dû être fixés au taux normal. En réalité il n'en a pas été ainsi, surtout en faveur des familles nécessiteuses expropriées pour cause de salubrité publique, de sorte que la bienfaisance spéciale qui était dans la nature de la Commission s'est doublée d'une bienfaisance plus ordinaire qu'elle

n'a accepté de pratiquer qu'en raison de circonstances temporaires.

En 1906, les revenus nets des maisons ont cessé d'être employés à de nouvelles constructions et ont été versés dans la caisse communale. Sans qu'il soit question d'un taux d'intérêt déterminé, les sommes mises à la disposition de la Commission par la Commune sont devenues productives d'une rémunération variable, en fait, d'après la gestion plus ou moins fructueuse des maisons municipales. La figure financière et sociale de la Commission s'est donc transformée et, en profitant encore, à titre de bienfaisance, de l'intervention de la Caisse d'Épargne, la Commune n'entend plus, en principe, faire œuvre de charité publique.

Il a été décidé, d'ailleurs, que les loyers seraient, en principe, fixés pour les nouvelles maisons, et portés pour les anciennes, à un taux tel, que le capital investi dans leur construction fût normalement rémunéré — 4 % d'intérêt.

Toutefois, les loyers des maisons du type le plus pauvre resteront fixés à un taux inférieur au taux normal, pour cette raison que les largesses de la Caisse d'Épargne permettent un tel acte de bienfaisance. Quant aux maisons du type intermédiaire, actuellement occupées, leurs loyers ne seront portés au taux normal que progressivement, au fur et à mesure qu'elles deviendront vacantes. Par les lois de 1903 et de 1908, il a été créé en Italie des Instituts autonomes pour habitations populaires ou économiques, avec lesquels la Commission, qui les avait précédés de dix ans, avait beaucoup de ressemblance ; elle s'en différenciait surtout par le fait que les maisons gérées par elle étaient, non sa propriété, mais celle de la Commune, et que le capital investi dans son entreprise édilitaire ne recevait pas de rémunération déterminée et régulière. Je viens de montrer que, à ce dernier point de vue, le statut de la Commission a été modifié. La Commission a donc évolué pour se rapprocher plus étroitement d'institutions dues à un progrès social qu'elle-même avait en quelque sorte devancé.

Dans la concession des logements, la Commission a cherché à constituer dans la plupart des groupes de maisons une population mixte d'ouvriers et d'employés.

Les logements sont mis au concours et ne sont concédés, dans des conditions déterminées de préférence, qu'aux personnes de bonnes vie et mœurs.

Le nombre des locataires ne doit pas excéder la capacité des

logements. Certaines facilités sont accordées aux familles nombreuses. Pour les 3 à 4 douzièmes, les maisons municipales sont occupées par des employés. Les maisons municipales sont fort recherchées : pour 377 logements vacants de 1905 inclus à 1909 inclus il s'est présenté 2604 concurrents.

La Commission inspecte les maisons quant à l'hygiène, à l'ordre et à la décence. Généralement, elle a trouvé dans ses locataires, à ce triple point de vue, des collaborateurs de son œuvre d'amélioration sociale.

La Commune n'a cessé de mettre à la disposition de la Commission de nouveaux capitaux. A la fin de 1909 la Commission avait reçu en tout, depuis sa fondation, 2.850.000 lire de la Commune. Il convient d'y ajouter les excédents des versements de la Caisse d'Épargne sur les sommes nécessaires à l'amortissement du prêt de cette Caisse, les bénéfices d'administration, et des recettes diverses : en tout, 632.949,81 lire. A la fin de 1909, du disponible total de 3.482.949,81 lire, 2.832.045,06 lire avaient été employées en acquisitions de terrains et en constructions. Depuis, la Commission n'a cessé de poursuivre son œuvre avec célérité. Actuellement, elle dispose de 59 corps de bâtiments comprenant 601 appartements, 2056 chambres et pouvant abriter 3516 personnes. En 1910, on a entamé la construction de 11 nouveaux corps de bâtiments comprenant 76 appartements, 392 chambres et pouvant abriter 508 personnes.

Le coût d'un appartement, terrain compris, varie de 2737 à 6513 lire, celui d'une chambre de 315 à 1650 lire.

Les loyers des appartements, y compris, presque toujours, la fourniture de l'eau et de la lumière, varient dans des limites assez étendues d'après la capacité des appartements eux-mêmes et leur situation. Dans certains groupes d'habitations, ils s'élèvent en moyenne à 48 lire par mois, dans d'autres ils descendent à 15 lire. Après l'application des mesures relatives à la revision des loyers, la moyenne du prix de location d'un appartement sera, pour l'ensemble de toutes les maisons, de 360 lire par an.

Les maisons municipales sont construites suivant différents types, mais le système de blocs à 2 ou 3 étages est dominant ; je ne puis, d'ailleurs, songer à aborder l'étude des détails et du devis de leur construction, m'étant proposé seulement de mettre en relief le concept et les caractères généraux de l'œuvre accomplie à Venise par la Municipalité et par la Commission pour les maisons, saines, économiques et populaires.

C. Beaujean.

SCIENCES MÉDICALES

—

La question de l'hérédité dans la tuberculose. — Lors de la IXe Conférence internationale contre la Tuberculose, tenue à Bruxelles à la fin de l'année dernière, le Prof. Landouzy, de la Faculté de Paris, à fait un intéressant rapport, mettant au point la question si discutée, et toujours si actuelle, de l'hérédité tuberculeuse (1).

Nous y trouvons plusieurs idées neuves ou plutôt encore peu connues des médecins et ignorées du public. L'auteur passe en revue les divers modes de transmission possibles, examinant pour chacun d'eux ce qui est prouvé ou ce qui ne l'est pas.

Hérédité de la graine, ou transmission directe du bacille de Koch des parents au fœtus. — Cette question admise par les anciens, niée depuis, jusque tout récemment encore, est actuellement un fait bien prouvé, au moins dans sa seconde partie. L'infection peut se faire soit :

1° Au moment de la conception : *a)* par le spermatozoïde, mais nous n'en avons pas de preuve ; *b)* par l'ovule ; quoique probablement peu fréquente, c'est une manière possible, ainsi que le montre une observation de Sitzenfrey.

2° après la conception : c'est la contagion transplacentaire, de la mère au fœtus. C'est probablement le mode le plus fréquent ; il est bien prouvé aujourd'hui, par des études macroscopiques et microscopiques, ainsi que par des inoculations directes expérimentales. Toutefois, dans la pratique, pour que cette infection ait lieu, il faut chez la mère une tuberculose grave s'accompagnant de bacillémie, c'est à dire de circulation en liberté de bacilles dans le sang. Les bacilles peuvent, soit s'arrêter dans le placenta, soit, traversant celui-ci, inoculer directement le fœtus, sans laisser trace de leur passage. Tout ceci a lieu pendant la grossesse. Lors des contractions de l'accouchement, des vaisseaux peuvent se rompre et livrer passage à des bacilles qui par le cordon pourront encore infecter l'enfant. Celui-ci présentera soit une tuberculose folliculaire fœtale, soit une tuberculose non folliculaire qui pourrait rester latente de longues années pour se développer ensuite sous l'influence d'un affaiblissement provoqué par une rougeole, une coqueluche,

(1) Revue de la Tuberculose, Octobre et Novembre 1910.

une influenza. C'est la théorie de la latence des germes de Baumgarten. Lannelongue et Hutinel partagent également cette opinion.

Hérédité du terrain ou des toxines. — C'est un état dystrophique semblable à celui existant chez les enfants nés de parents atteints de grandes infections ou intoxications : syphilis, saturnisme, paludisme, alcoolisme, et atteignant tous les organes et fonctions de l'organisme. Ces toxines pourraient à la rigueur se transmettre au moment de la conception, mais c'est surtout pendant les neuf mois de la grossesse que la maladie de la mère peut influencer le fœtus.

Ce sont les tares ainsi produites chez les enfants des tuberculeux qui forment ce qu'on appelait anciennement la *diathèse scrofuleuse* et actuellement l'hérédité de terrain, dystrophies hérédo-tuberculeuses, hérédo-tuberculoses dystrophiantes atypiques (Landouzy) ou hérédo-dystrophies paratuberculeuses (Mosny).

Les toxines peuvent envahir l'organisme entier en y produisant divers troubles. Notons particulièrement, avant la naissance, les troubles rappelant l'hérédo-syphilis (Mosny, Fournier). Ils peuvent être généraux ou locaux.

Les troubles *généraux :* infantilisme, retard de développement de l'enfant, poids, taille, dents, parole, marche ; de l'adolescent, poils, dents, organes génitaux, mauvaise poitrine (Freund), scoliose, pied plat, troubles utéro-annexiels (Poncet, Leriche, Grafenberg). En général on constate de l'hypothermie, du ralentissement des échanges nutritifs, de l'urée en excès, de la déminéralisation, de la dyscrasie acide, l'accélération des échanges respiratoires, pouvant produire l'œdème toxique, de l'éléphantiasis, du rachitisme (Marfan).

Les troubles *locaux :* affectant soit le système circulatoire, cœur ou artères, pouvant produire le rétrécissement de l'orifice mitral ou de l'artère pulmonaire, la chlorose ; soit le système respiratoire : dilatation des bronches, emphysème, asthme ; soit le système nerveux, produisant alors l'hydrocéphalie, la spina bifida, la maladie de Little, la paralysie spasmodique, la syringomyélie, l'idiotie, l'hystérie, l'épilepsie, la neurasthénie, la chorée (suivant Anglade et Jacquin).

Hérédo-prédisposition. — Un tuberculeux guéri est beaucoup plus sensible aux toxines tuberculeuses, plus apte à une infection bacillaire qu'un autre. On a comparé ce phénomène à l'anaphylaxie. D'après Arloing, Pollack, Hutinel et tous les anciens,

d'Hippocrate à Laënnec, cette sensibilité pourrait se transmettre héréditairement. Landouzy cependant, sans nier l'existence de cette sorte d'hérédité, prétend qu'elle est assez rare, et qu'au contraire on rencontre de l'hérédo-immunité.

Hérédo-immunité. — D'après certains auteurs, Landouzy, Hanot, Marfan, Potain, Gilbert, lorsque chez un enfant existe l'un des symptômes de tuberculose héréditaire que nous avons vus plus haut, il serait exceptionnel de rencontrer une tuberculose cavitaire. Au contraire, chez ces malades, « quand la tuberculose existe, elle revêt une allure torpide, lente, en général sclérogénisante ». Landouzy y apporte également comme preuve la longévité fréquente des lupiques. Cependant, aucune preuve expérimentale n'a encore pu être fournie à l'appui de cette théorie.

Prédispositions innées ou acquises. — En dehors de toute hérédité, certains individus seraient prédisposés à contracter la tuberculose. Ce sont les : vir rufus (blond), vir pilosus, vir populeus (grande taille), ensuite les trachéotomisés et ceux atteints antérieurement de variole, *rougeole, coqueluche,* fièvre typhoïde, grippe, syphilis, *alcoolisme,* paludisme.

Conclusions. — L'hérédo-tuberculose est grave, mais non fatale. Comment la supprimer ? En supprimant le bacille. — Comment ?

L'auteur propose une série de mesures administratives draconiennes qui, à notre avis, sont ou blessantes pour la liberté individuelle, ou d'une puérilité et d'une impuissance flagrantes :

1° Déclaration obligatoire, sous peine d'amende, de tout cas de tuberculose constaté par le médecin ;

2° Surveillance des porteurs de bacilles ;

3° Réglementation des mariages des tuberculeux et, dans certains cas interdiction, surtout pour la femme. Dans le but d'organiser pratiquement ce point : Institution du carnet individuel de santé dont la présentation serait nécessaire pour obtenir l'autorisation de contracter mariage, ou tout au moins de reproduire ;

4° Création de cours de puériculture (tels que le professeur Pinard en donne déjà à Paris) concernant les droits et les devoirs des géniteurs, les conditions à remplir, les soins à donner avant la procréation, pendant la gestation et après la naissance;

5° Création du titre honorifique d'*Hominiculteur* dont on

honorerait ceux qui auraient suivi les conseils des autorités et rempli les devoirs de la Puériculture.

Une nouvelle Théorie concernant les vomissements de la Grossesse. — Dernièrement une nouvelle théorie s'est fait jour au sujet de la grossesse, assimilant celle-ci au sarcome : Quoique étrange à première vue, cette hypothèse, après un examen plus approfondi, parait assez rationnelle. Elle mérite en tous cas d'être signalée. Le sarcome est une tumeur à tissu embryonnaire, la grossesse également. Toutes deux sont à marche rapide. Le sarcome produit des métastases, des disséminations à distance : chez le chien, les auteurs sont parvenus, en inoculant du tissu fœtal, à produire les mêmes phénomènes. Le sarcome et la grossesse déversent tout deux dans l'organisme des toxines, des alcaloïdes dont l'existence est prouvée par certaines paralysies, notamment de l'accomodation et des muscles moteurs de l'œil (strabisme), par des nausées, des vomissements. L'expérimentation qu'on a pu faire de cette théorie chez la femme semble la confirmer et lui donner une certaine valeur. Partant de ce principe que la grossesse produirait une intoxication dont certaines femmes seulement souffriraient, on a émis la supposition que ce fait provenait uniquement de ce que les unes ne parvenaient pas à former des antitoxines en nombre suffisant, tandis que les autres en étaient abondamment pourvues. Dans ce cas le sang d'une femme grosse ne ressentant aucun malaise, par conséquent immunisée, devait renfermer des contrepoisons qui, injectés à une personne souffrant de vomissements ou d'autres malaises, devraient faire cesser ces troubles. L'expérience fut tentée et avec plein succès : la cessation des vomissements fut immédiate. Il y a là une méthode nouvelle très intéressante qui certainement mériterait d'être appliquée, d'autant plus que théoriquement elle est logique et que, dans la pratique, il n'y a aucun danger à l'appliquer.

Dr Jos. Boine.

LES RECHERCHES

DE MENDEL ET DES MENDELISTES

SUR L'HÉRÉDITÉ

L'hérédité désigne, pour tout le monde, la ressemblance qui, au point de vue des caractères de l'espèce, de la variété, de la lignée, et, dans une certaine mesure, au point de vue des particularités individuelles, se manifeste entre les organismes-parents et les organismes-descendants et qui — cela est essentiel — trouve sa raison d'être précisément dans la relation de descendance qui unit les organismes considérés. C'est ce dernier point que l'on veut marquer lorsqu'on dit qu'il y a *transmission*, par les parents aux enfants, des caractères héréditaires, et personne ne comprendra, par cette expression, que des caractères et des particularités seraient réellement *légués* aux rejetons par leurs ascendants.

L'étude de l'hérédité soulève deux questions. L'une s'attache aux *faits* eux-mêmes : elle *analyse* la ressemblance des descendants avec leurs parents, recherche par conséquent lesquels, parmi les caractères parentaux, sont transmis aux descendants, dans quelle mesure ils se manifestent, dans quel degré ils arrivent à se fixer pour devenir une marque constante de la race, enfin quelles combinaisons nouvelles ils peuvent peut-être présenter. En un mot, ce premier aspect du

problème actuel concerne ce qu'on pourrait appeler la *valeur héréditaire* des caractères parentaux. C'est ici, par exemple, qu'on envisage la question de la transmission des « caractères acquis » ; c'est ici encore qu'on examine la possibilité de fixer certains caractères par une sélection prolongée.

Le second point de vue du problème de l'hérédité est plus *théorique :* on s'efforce de rechercher, dans la morphologie et la physiologie de la reproduction et du développement, une explication des phénomènes héréditaires. Tout le monde sait que, dans la reproduction sexuelle — la seule que nous envisagerons ici et en nous bornant aux organismes supérieurs — le point de départ d'un individu nouveau se trouve dans une simple cellule, résultant elle-même de la fusion de deux cellules dites *sexuelles*. Celles-ci, généralement appelées *gamètes*, sont, l'une, le gamète mâle, ou spermatozoïde ou anthérozoïde, fourni, lorsque les sexes sont séparés, par l'organisme paternel ; l'autre, le gamète femelle, ou œuf ou oosphère, fourni par l'organisme maternel. La cellule qui résulte de la fusion d'un gamète femelle avec un gamète mâle est l'*œuf fécondé* ou la *zygote* et la fusion elle-même des deux gamètes représente le phénomène essentiel de la fécondation. C'est la zygote ou œuf fécondé qui, par des divisions cellulaires répétées, suivies bientôt d'une différenciation des cellules ainsi produites, va donner naissance au nouvel individu. Ce développement s'accomplit souvent en dehors de toute influence des organismes parents : c'est donc la *zygote qui porte en elle la raison d'être des manifestations héréditaires dont l'individu nouveau sera le siège*. Cela étant, on voit que les phénomènes de l'hérédité posent ici un très grave problème : comment et sous quelle forme la *simple cellule* qu'est la zygote, peut-elle porter la raison d'être de l'apparition, dans le développement et la constitution de l'organisme

nouveau, de tant de caractères, parfois extrêmement menus, en quoi consiste la ressemblance héréditaire ? Telle est la seconde question qui se rattache à l'étude de l'hérédité et on voit qu'elle se confond, en partie, avec le problème du développement.

Les deux questions que nous venons de distinguer ont fait l'objet de nombreux travaux. Trop souvent les conceptions théoriques ont devancé les enseignements des faits et on a vu d'imposantes architectures d'hypothèses s'élever sur de bien frêles soubassements expérimentaux. Depuis quelque temps cependant, l'étude des faits, non seulement par l'observation, mais surtout par une expérimentation très précise et très rigoureuse, a pris un grand développement, et elle a apporté, mieux que des promesses, une moisson déjà riche de résultats. L'acquisition la plus importante en cette matière se trouve, sans contredit, dans les travaux du moine autrichien Gregor Mendel. Seulement, bien que publiés dès 1866, ils restèrent dans l'oubli jusqu'en 1900, comme nous le verrons, et durent être « redécouverts » alors par plusieurs botanistes.

Depuis cette date, des recherches nombreuses ont reconnu une grande extension aux lois d'hérédité découvertes par Mendel et une bibliographie déjà énorme s'est développée sur le sujet de l'*hérédité mendélienne*. Je voudrais, dans cet article, donner un aperçu, nécessairement assez sommaire, de l'état actuel de la science sur ce chapitre fondamental.

Pour permettre aux lecteurs qui ne sont pas familiarisés avec les notions biologiques de suivre aisément l'exposé des recherches dont nous allons nous occuper, rappelons que l'on distingue plusieurs types de fécondation, d'après la provenance des deux gamètes ou mieux d'après le degré de parenté systématique qu'ils présentent.

Dans le cas le plus simple, qui se vérifie principalement chez un certain nombre de Phanérogames, les deux gamètes proviennent d'*un même individu* ; par exemple, dans une plante de pois *(Pisum sativum)*, le pollen produit par une fleur tombe sur le stigmate de la même fleur et arrive ainsi à en féconder les ovules (1). C'est ce qu'on appelle la *fécondation directe* ou *autogamie*. Dans un second type, fréquent chez les végétaux et surtout chez les animaux, les gamètes proviennent de *deux individus différents*, l'un paternel, l'autre maternel ; ou bien — si les sexes ne sont pas séparés — un individu joue le rôle paternel, et un autre le rôle maternel. C'est ce qu'on appelle la *fécondation indirecte* ou *allogamie* (2).

Seulement, il faut encore distinguer deux degrés d'allogamie. Les deux parents peuvent d'abord appartenir non seulement à une même espèce mais aussi à une même variété (3). La fécondation est dite alors simplement indirecte. Si, par exemple, on dépose le

(1) Le pollen d'une plante phanérogame n'est pas le gamète mâle ; ce n'est qu'après un certain nombre de divisions qu'il arrive à produire deux cellules, appelées *génératives* ou *spermatiques* et qui, elles, représentent deux gamètes mâles. De son côté, l'ovule d'une phanérogame est encore plus éloigné d'être un gamète : c'est un organe complexe au sein duquel, par des phénomènes assez longs, arrive à se former une cellule-oosphère qui est le gamète femelle. Si donc on veut parler en toute rigueur, on ne doit pas dire que le pollen féconde l'ovule mais bien qu'une cellule générative du pollen féconde l'oosphère. Néanmoins des expériences ont montré qu'au point de vue actuel on peut continuer à employer l'ancienne manière de parler, celle que nous utilisons dans le texte.

(2) A vrai dire, on n'appelle, dans les végétaux, du nom de fécondation directe ou autogamie que la fécondation d'une *fleur* par elle-même ; entre cette autogamie et l'allogamie, on distingue un type intermédiaire, la geitonogamie, consistant dans la fécondation d'une fleur par le pollen d'une *autre* fleur du *même individu*. Seulement, au point de vue actuel, la geitonogamie a la même valeur que l'autogamie. Aussi préférons-nous ne distinguer que deux types, ainsi que nous l'avons fait dans le texte, et considérer la geitonogamie comme un cas spécial d'autogamie, à isoler seulement dans les rares occasions où cela est utile.

(3) Dans cet article élémentaire nous négligeons la *lignée*, sous-division de certaines variétés, que Johanssen a le premier nettement distinguée (Johanssen, *Ueber Erblichkeit in Populationen und in reinen Linien*, Jena, 1900).

pollen fourni par un individu de la variété de *Pisum* à graines vertes sur le stigmate d'une fleur appartenant à un autre individu de la même variété, on a opéré ce qu'on appelle, sans plus, une fécondation indirecte. Au contraire, la fécondation prend un nom nouveau et s'appelle *fécondation croisée* lorsque les deux parents appartiennent soit à deux variétés différentes d'une même espèce, soit à des espèces ou à des genres différents. Si l'on dépose le pollen d'une fleur de pois à graines vertes sur le stigmate d'une fleur de pois à graines jaunes, on opère un *croisement* de variétés. Autrefois on distinguait par différents noms les diverses sortes de croisement, d'après le degré de parenté systématique des parents. On appelait *métissage* le croisement entre variétés et *métis*, les produits qui en résultent ; on appelait *hybridation*, le croisement entre espèces ou entre groupes supérieurs et *hybrides*, les descendants qui en proviennent. Actuellement on n'emploie plus pour toute espèce de croisement que ces deux dernières dénominations.

On comprend que l'étude des manifestations héréditaires dans le cas de croisement peut apporter, à la connaissance des lois de l'hérédité, de précieuses lumières. Les différences entre les parents étant ici plus marquées, il sera donc plus facile de déceler la part qui revient à chacun d'eux dans la physionomie de leur progéniture et de suivre, dans la descendance ultérieure, la destinée de leur apport respectif. Aussi l'étude des hybrides est-elle d'ancienne date, non seulement chez les horticulteurs et les éleveurs, mais aussi chez les Biologistes.

C'est précisément la recherche des *lois de l'hérédité dans le cas d'hybridation* qui a fait l'objet des travaux de Mendel et de ses successeurs.

Avant de commencer notre exposé du mendélisme, et pour terminer cette introduction, nous croyons inté-

resser le lecteur en rappelant quelques *notes biographiques* sur Mendel lui-même. Nous les empruntons à l'ouvrage classique de Bateson (1), ainsi qu'à la correspondance de Mendel avec le célèbre botaniste Nägeli, publiée par Correns (2).

Mendel naquit en 1822 à Heizendorf, dans la Silésie autrichienne, d'une famille de petits métayers, et reçut au baptême le nom de Johann. Après avoir, grâce à l'intervention pécuniaire d'une de ses sœurs, terminé ses études moyennes au gymnase de Toppau, il se sentit appelé à la vie monastique. Admis dans l'ordre des Augustins, il entra au monastère de Saint Thomas à Brünn et y devint prêtre en 1847. Il prit en religion le nom de Gregor et c'est de ce nom qu'il signa ses travaux.

Dès son noviciat, Mendel, qui avait autrefois reçu de son père des leçons d'horticulture, commença à instituer, dans les vastes jardins du couvent, des expériences comparatives sur les espèces végétales. Ses supérieurs, en vue de le préparer à l'enseignement, l'envoyèrent bientôt compléter sa formation scientifique à l'Université de Vienne. Il y demeura de 1851 à 1853. Revenu à Brünn, il enseigna à la Realschule de cette ville jusqu'à ce que, en 1868, il fut élu prélat de son abbaye.

C'est pendant les années de son professorat qu'il étudia les effets héréditaires du croisement, principalement dans les plantes. Ses recherches fondamentales sur le *Pisum sativum* (le pois de nos jardins) lui prirent huit années. Les résultats en furent communiqués à la Société des naturalistes de Brünn en 1865 et parurent dans les publications de ce corps savant, en 1866, sous le titre : *Versuche über Pflanzenhybriden.*

(1) Bateson. *Mendel's Principles of Heredity*. Cambridge, 1909.

(2) Gregor Mendel's *Briefe an Carl Nägeli, herausgegeben von C. Correns ;* Abh. der Kön. Sachs. Ges. der Wiss. 1905.

En 1869, Mendel fit encore paraître dans le même recueil un petit travail sur l'hybridation dans le genre *Hieracium : Ueber einige aus künstlicher Befruchtung gewonnene Hieracium-Bastarde*. C'est tout ce que Mendel publia, à part quelques petites notes.

Ses lettres montrent cependant qu'il avait entrepris des recherches bien plus développées, entre autres sur les Abeilles. Il dut les interrompre au moment où il fut élu à la prélature. Mais, ainsi qu'il l'écrivait à Nägeli, il comptait les reprendre bientôt, avec plus de loisir même qu'auparavant, dès qu'il se serait mis au courant des devoirs de sa nouvelle charge. Seulement la résistance qu'il dut, à partir de 1872, opposer à une loi d'exception du gouvernement autrichien, imposant d'une taxe spéciale les propriétés des ordres religieux, lui prit tout son temps et toute son activité et le fit abandonner définitivement toute recherche scientifique. On ne saurait assez le regretter pour la science. Si Mendel avait pu continuer en paix son travail, non seulement il aurait conduit à bon terme les recherches étendues qu'il avait entreprises, mais en outre il aurait pu, par des publications plus développées et plus répandues, forcer l'attention du monde savant, et ainsi la rénovation de la génétique (1), qui s'est produite en 1900 par l'introduction des méthodes de Mendel, se fût réalisée trente ans plus tôt.

Mendel mourut en 1884 (2).

Dans un exposé de l'hérédité mendélienne, les exigences de la clarté, non moins que le souci de rendre à chacun ce qui lui est dû, commandent d'examiner séparément, d'abord l'œuvre de Mendel, ensuite les

(1) On appelle de ce nom, proposé par Bateson, l'ensemble des questions qui concernent l'hérédité et la variabilité dans les organismes.

(2) Le portrait que nous avons placé en tête de cet article représente Mendel, en habit de prélat, vers 1880.

travaux de ses successeurs. C'est ainsi que nous procéderons. Nous réserverons pour un chapitre final l'examen des principales questions théoriques que soulève le mendélisme et des hypothèses qu'il a suscitées.

I. L'œuvre de Mendel (1)

Une conception nette du problème et des conditions de méthode nécessaires pour arriver à une solution définitive : un soin minutieux dans la réalisation des expériences, joint à une étonnante perspicacité dans l'analyse des résultats ; une remarquable ingéniosité en même temps qu'un scrupuleux esprit de critique dans la recherche d'une explication satisfaisante, ce sont les traits dominants des travaux de Mendel.

Nous allons le constater en exposant successivement la *méthode* de Mendel, les *résultats* qu'elle lui a fournis, l'*hypothèse* explicative qu'il a proposée. Il importe d'examiner séparément ces trois points. Mendel avait pris grand soin de ne mêler à la narration des faits aucun élément d'interprétation. C'est à la fin de son mémoire seulement, après un exposé strictement objectif de ses expériences, qu'il propose son explication. Cette réserve n'a pas toujours été imitée dans les travaux des « Mendelistes ».

A. *Méthode de Mendel*

Le but que poursuivait Mendel, nous l'avons déjà dit, était d'étudier *la façon dont les caractères parentaux se manifestent chez les descendants, dans le cas de reproduction croisée* et de trouver, s'il était possible, *les lois* précises qui régissent ici l'hérédité.

(1) G. Mendel. *Versuche über Pflanzenhybriden.* Verh. der Naturforsch. Ver. in Brünn, 1866.

Les travaux antérieurs avaient déjà établi certaines données, mais l'ensemble des résultats demeurait incohérent, et ici, comme dans toute autre matière de ce genre, c'était le défaut d'une méthode rigoureuse, suffisamment précise et analytique, qui empêchait de découvrir l'ordre et la loi. Ce n'est pas le moindre des mérites de Mendel d'avoir diagnostiqué le mal et introduit définitivement dans l'étude de ces questions la méthode indispensable. Celle-ci porte en elle le témoignage d'un esprit extrêmement lucide et pénétrant.

Voici, d'après Mendel, les conditions requises dans des recherches sur l'hybridation (1).

1. Les expériences de croisement doivent être telles qu'elles permettent d'observer *toutes* les formes qui sont aptes à se manifester dans la descendance. Pour cela, il faut — ce qu'on n'avait pas toujours fait avant Mendel — ne choisir, comme matériel de recherche, que des espèces ou des variétés (2) dont le croisement n'entraîne, chez les produits, aucun amoindrissement de fertilité ; une stérilité plus ou moins prononcée de la descendance risque en effet d'entraver la réalisation de certaines formes d'hérédité, en elles-mêmes possibles.

2. Il faut croiser des formes différant l'une de l'autre par un ou plusieurs caractères *constants* et *nettement discernibles*, afin de pouvoir suivre, dans la descendance, l'apport de chacun des parents. Les caractères différentiels qui se rattachent à une question de « plus ou moins » ne peuvent pas être utilisés.

3. Il importe d'étudier séparément, dans la descen-

(1) Il est à peine nécessaire de faire remarquer que nous exposons tout ceci non dans les termes de Mendel, mais de la façon qui nous paraît la plus claire pour les lecteurs de cette REVUE.

(2) Mendel n'insiste pas sur la valeur systématique des formes qu'il a croisées.

dance, la destinée de *chacun des caractères différentiels* qui opposent une variété à l'autre et d'instituer autant d'expériences qu'il y a de ces caractères opposés. C'est là une nouveauté fondamentale de la méthode. Auparavant, on envisageait, dans les descendants, la physionomie complète de l'individu. Or, comme le dit Mendel, dans sa première lettre à Nägeli, « des constatations du genre de celles-ci : « quelques individus se rapprochent plus du type maternel, d'autres du type paternel » ; ou bien : « les descendants retournent davantage au type maternel » ; sont trop générales, trop indéterminées, pour qu'on puisse en déduire un jugement sûr. » Et encore : « Il faut que l'appréciation du degré d'affinité entre les descendants de l'hybridation et les formes parentales soit fondée sur une vraie diagnose et non pas sur une impression d'ensemble. »

4. Il est nécessaire, non pas seulement de poursuivre l'étude de la descendance pendant plusieurs générations, mais encore — et voici une autre innovation fondamentale — d'étudier séparément les *familles* qui composent chaque génération. Avant Mendel, on semait généralement en un seul lot les graines récoltées sur les individus semblables. Mendel, nous le verrons, sème séparément les lots de graines produits par chaque individu de chaque génération. C'est évidemment le seul moyen de se renseigner sur la vraie nature de ces individus, par l'analyse de leur descendance.

5. Les lois de l'hérédité ne pourront se dégager que de *données statistiques absolument détaillées et précises*. Aussi importe-t-il de soumettre à l'observation tous les membres de chaque génération et d'établir le nombre exact des individus en qui se manifeste tel ou tel type héréditaire. Cela est opposé à certaines façons de statistique imparfaite qui se contentent de désignations vagues comme celles-ci : « le plus grand nombre », « le plus petit nombre ».

6. Enfin il est clair qu'on doit, après le croisement initial, éviter tout croisement ultérieur. Cette condition n'avait d'ailleurs pas été négligée par les devanciers de Mendel.

De ces conditions, les unes, on le voit, concernent le matériel d'expérimentation, les autres définissent la manière de procéder dans les expériences. Mendel fait remarquer lui-même que l'accomplissement de ce programme a vraiment requis un certain courage.

Nous aurons l'occasion, en exposant les recherches de Mendel, de montrer l'application de ces diverses conditions. Le lecteur alors en comprendra mieux la portée.

C'est dans des variétés du *Pisum sativum* que Mendel trouva le matériel voulu pour réaliser son plan d'expériences. En effet, le Pisum possède normalement la fécondation directe (p. 356), ce qui écarte les dangers d'un croisement spontané, ultérieur au premier (condition 6). De plus, les variétés choisies donnent, par leur hybridation, des produits parfaitement féconds (condition 1). Enfin, ces variétés diffèrent l'une de l'autre par un ou plusieurs caractères nettement opposés et constants (condition 2), se rapportant à la longueur de la tige (tige courte, tige longue), à la forme de la graine (graines rondes, graines ridées et paraissant anguleuses), à la couleur des cotylédons (jaunes, verts), à la couleur de l'enveloppe de la graine (grise ou brune, blanche) et à d'autres traits d'organisation.

Ces caractères, disons-nous, sont nettement opposés ; car, d'abord, ils ne font pas partie d'une série continue de variabilité (1) et ne représentent donc pas deux *degrés* d'un *même* caractère. Ce point est important.

(1) La série de Quetelet.

Nous prendrons, pour le faire saisir, l'exemple des caractères : tige longue et tige courte.

Dans une race donnée de plante, la tige ne présente pas une longueur identique chez tous les individus. Seulement les différentes longueurs observées peuvent se ranger en une *série continue*, une certaine longueur moyenne se trouvant représentée dans un assez grand nombre d'individus, les autres longueurs, supérieures ou inférieures à la moyenne, se trouvant réalisées dans un nombre d'individus moins élevé, et d'autant moins que les dimensions considérées s'éloignent davantage, en plus ou en moins, de la valeur moyenne (1). La variété de pois à tige longue comporte donc, quand elle est cultivée isolément, une série continue de longueurs diverses. Et il en est de même pour la variété à tige courte. Seulement, la moyenne autour de laquelle oscillent les différentes dimensions de la variété longue n'est pas la même que la moyenne autour de laquelle se rangent les longueurs diverses de la variété courte. Il y a donc là réellement deux variétés différentes, caractérisées par la longueur de leurs tiges.

Mais cela ne suffit pas encore pour pouvoir expérimenter sûrement. En effet, dans certains cas de ce genre, il arrive que les deux variétés chevauchent pour ainsi dire l'une sur l'autre ou, comme on dit, transgressent l'une sur l'autre, en ce sens que les tiges les plus longues de la variété courte atteignent les dimensions des tiges les plus courtes de la variété longue. Dans ce cas, il est impossible, sans recourir à l'étude de la descendance, d'attribuer sûrement les différentes tiges à leurs variétés respectives. Il n'en va pas ainsi pour les variétés du *Pisum*. Les deux séries

(1) C'est cette série que l'on appelle la série de Quetelet et que l'on représente graphiquement par la *courbe* de Quetelet ou *courbe de fréquence*.

de longueurs ne se rencontrent pas et l'attribution des individus à leur variété propre n'offre pas de difficulté.

Ces caractères bien opposés sont en outre constants, c'est-à-dire se maintiennent fidèlement dans la descendance, lorsque la fécondation directe seule intervient. Mendel s'en est assuré en cultivant isolément ces variétés pendant plusieurs générations.

Les caractères des variétés opposées, on le voit, font pour ainsi dire la *paire* (tige longue, tige courte : pois arrondis, pois anguleux, etc.). Aussi Mendel les appelait de ce nom : caractères *appariés*. On peut aussi les appeler, avec de Vries, caractères *antagonistes* ; avec Bateson, caractères *allélomorphiques* ; avec Cuénot, caractères *symétriques*.

B. *Expériences de Mendel*

Mendel réalisa et étudia différents types de croisement : d'abord le cas le plus simple, où les variétés croisées ne s'opposent l'une à l'autre que par un seul caractère, où n'entre donc en jeu qu'une seule paire allélomorphique (1) [par exemple : variété à tige longue × variété à tige courte (2)] ; ensuite le cas plus complexe, où le croisement se fait entre variétés différant l'une de l'autre par plusieurs caractères allélomorphiques (par exemple : variété à graines à la fois jaunes et rondes × variété à graines à la fois vertes et anguleuses).

Actuellement, à la suite de de Vries, on donne aux hybrides du premier genre le nom de *monohybrides* et à ceux du second type le nom de *polyhybrides* (dihybrides, trihybrides, etc.). Nous étudierons successivement les deux cas.

(1) Quelles que soient d'ailleurs, à d'autres points de vue, les différences entre les deux variétés croisées.

(2) Le signe × indique le croisement.

1. *Monohybrides.*

Mendel a étudié sept croisements monohybrides dans le *Pisum sativum :*

Tige longue × tige courte ;
Graines jaunes × graines vertes ;
Graines rondes × graines anguleuses ;
Spermoderme brun × spermoderme incolore ;
Gousse renflée × gousse étranglée ;
Gousse verte × gousse jaune ;
Fleurs latérales × fleurs terminales.

Pour tous les cas, la répartition des caractères parentaux dans la descendance suit des lois identiques. Il suffira de les exposer pour l'exemple le plus facile : var. à tige longue × var. à tige courte (1).

Mendel opère ce croisement sur 37 fleurs, appartenant à 10 plantes. Dans certains cas, il dépose le pollen de la variété longue sur les stigmates de la variété courte ; d'autres fois, il recourt à une opération inverse et emprunte le pollen à la variété courte pour déposer sur les stigmates de la variété longue. Disons immédiatement que la suite des phénomènes a montré l'équivalence parfaite des deux procédés au point de vue des résultats héréditaires.

Mendel recueille les graines issues de ce croisement et les sème. Les plantes qui en résultent et qui composent la *première génération* issue du croisement (nous la désignons avec Punnett par le symbole : F_1 = filiation première) sont TOUTES à tige longue ; aucune tige courte, aucune tige de longueur intermédiaire entre les deux dimensions parentales. C'est ce qu'indique le tableau suivant :

(1) Cet exemple n'est pas celui que Mendel a le plus complètement travaillé. Mais il se prête mieux que les autres à un exposé didactique.

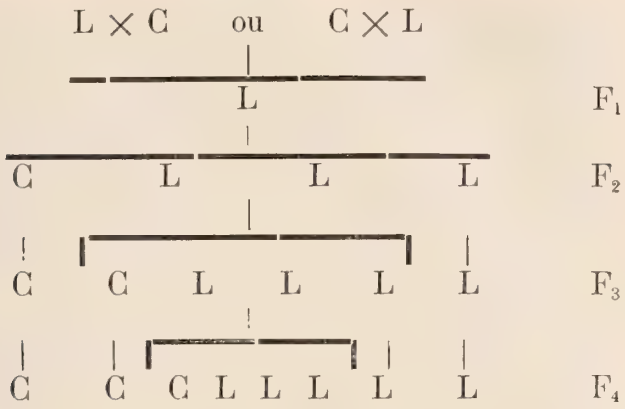


TABLEAU I

Schéma de la descendance issue, durant quatre générations, d'un croisement monohybride. L = tige longue ; C = tige courte.

Mendel appelle *dominant* le caractère : tige longue ; et *récessif* le caractère : tige courte ; la suite montrera, en effet, que ce dernier caractère n'a pas disparu des aptitudes héréditaires des individus à tige longue de la génération F_1 : si ceux-ci se montrent longs, c'est parce que le caractère : tige longue l'emporte pour ainsi dire sur le caractère : tige courte.

Mendel abandonne maintenant à la fécondation directe les individus de F_1 (1), récolte *toutes* les graines qui en résultent (condition 5) et les sème. La génération de plantes qui en provient — et qui constitue la *seconde génération* F_2 — est de composition mélangée : à côté d'individus dominants à tige longue, reparaît, dans un nombre d'individus moindre, le caractère récessif : tige courte. De plus, chose remarquable, les deux groupes d'individus se présentent dans une proportion numérique bien définie que Mendel découvrit

(1) Il aurait pu d'ailleurs les croiser entre eux sans troubler les résultats parce que, de fait, les individus de F_1 possèdent tous la même valeur au point de vue des capacités héréditaires.

grâce à la rigueur et à l'exactitude de ses constatations statistiques (condition 5).

Sur 1064 plantes, 787 sont longues, 277 sont courtes. Or cela correspond à la proportion : trois quarts de tiges longues, un quart de tiges courtes (1). La génération F_2 a donc pour formule : 3D + 1R, en désignant respectivement par D et R les individus dominants et les individus récessifs.

A s'en tenir à cette génération F_2, il semblerait qu'il s'est réalisé tout simplement un retour aux formes parentales, dans une proportion déterminée. Seulement, la production d'une descendance mélangée par les plantes de la génération F_1, toutes dominantes, avait appris à Mendel que la valeur d'un individu ne se juge pas sur le caractère qu'il *manifeste*, mais sur la composition de sa descendance. Aussi fallait-il étudier *isolément* la descendance des individus de F_2 (condition 4), *à l'abri de tout nouveau croisement*, et pour cela, les laisser se féconder directement, recueillir leurs graines *en autant de lots séparés* qu'il y avait d'individus et semer isolément ces divers lots. C'est ce que fit Mendel (2). Or, en étudiant complètement toute la génération F_3 issue de ces graines, il constata ce qui suit (tableau I).

La descendance de chacun des individus *récessifs* de F_2 se compose uniquement d'individus récessifs, et la même chose se vérifiera dans les générations ultérieures de cette lignée ; par conséquent, les individus récessifs de F_2 possèdent le caractère récessif à l' « état de pureté ».

Au contraire la descendance des individus *dominants* de F_2 n'est pas uniforme : une partie d'entre eux, environ le tiers, — et par conséquent le quart de toute

(1) La proportion exacte est 2,84 : 1.

(2) Toutefois il ne récolta pas les graines de tous les individus de F_2, mais seulement de la plupart d'entre eux.

la génération F_2 — donnent une descendance uniquement dominante et qui se maintiendra telle durant les générations ultérieures ; une autre partie, les deux tiers environ — et par conséquent les deux quarts de toute la génération F_2 — donnent, à leur tour, une descendance mélangée, composée d'individus récessifs et d'individus dominants et comprenant, au total, un quart de récessifs et trois quarts de dominants : 1R + 3D. Par conséquent, parmi les individus dominants de la génération F_2, un tiers (donc un quart de la génération F_2 totale) possèdent le caractère dominant à l' « état de pureté », les deux autres tiers (c'est-à-dire les deux quarts de la génération F_2 complète) *sont encore hybrides* de la même façon que les individus de la génération F_1 et se comportent, au point de vue de la descendance, comme ces derniers.

En d'autres termes, la génération F_2 ne se compose qu'apparemment de : 1R + 3D ; elle se compose en réalité de 1R + 1D + 2DR, en indiquant par DR la nature hybride d'un individu et par D ou R, la pureté d'une race sous le rapport du caractère dominant ou du caractère récessif.

L'analyse de la quatrième génération (tableau I, F_4), a montré que le groupe 1R + 3D, issu, à la génération F_3, du groupe 2DR de la génération F_2, est, lui aussi, composé de 1R à l'état de pureté, 1D à l'état de pureté et 2DR qui produisent une descendance 1R + 3D.

Les mêmes phénomènes se sont répétés à la cinquième génération.

Tels furent les résultats de Mendel dans l'exemple considéré. Pour en bien mesurer l'importance, il faut répéter que le savant moine a observé des phénomènes absolument semblables dans les six autres cas de monohybridisme qu'il a étudiés (1). Ils se sont surtout

(1) L'ensemble des plantes de la génération F_2, pour les 7 croisements, atteignit le nombre de 5123. Ce chiffre, se rapportant à une seule génération, montre l'extension que Mendel donnait à ses expériences.

manifestés avec une grande netteté dans les deux croisements : pois ronds × pois anguleux ; pois jaunes × pois verts, ceux-là mêmes que Mendel a réalisés sur une plus grande échelle. Et ce dernier détail est important ; car c'est dans ces cas précisément que les proportions numériques réelles ont presque absolument concordé avec les relations 1D + 3R et 1D + 2DR + 1R. Pour le premier de ces deux cas, la proportion des dominants et des récessifs dans la génération F_2 fut de 2,96 : 1 ; pour le second cas, elle fut de 3,01 : 1 ; et la proportion des dominants hybrides et des dominants purs dans cette même génération fut de 1,93 : 1, pour le premier cas, de 2,13 : 1, pour le second (1).

Avant de poursuivre notre exposé, il sera utile de définir deux dénominations qui nous serviront désormais et qui ont été créées par Johanssen. Nous appellerons avec lui : *phénotype*, le caractère, ou l'ensemble de caractères *manifesté* par un individu, et : *génotype*, la constitution véritable de l'individu au point de vue de ses aptitudes héréditaires, c'est-à-dire au point de vue de la descendance qu'il peut fournir. Ainsi les individus de la génération F_1 sont, phénotypiquement, à tiges longues et par conséquent dominants ; mais, génotypiquement, ils sont hybrides. De même, un tiers des individus dominants de la génération F_2 sont, à la fois, phénotypiquement et génotypiquement dominants, puisqu'ils ne fournissent qu'une descendance purement dominante ; les deux autres tiers ne sont dominants que phénotypiquement mais, génotypiquement, sont hybrides.

Les résultats de Mendel, pour tous les cas de monohybridisme qu'il a étudiés, peuvent donc se résumer dans les points suivants :

(1) Dans notre liste des croisements monohybrides réalisés par Mendel (p. 366), le caractère dominant se trouve indiqué en premier lieu.

1. Le *sens du croisement est indifférent*, au point de vue des résultats héréditaires. Ceux-ci demeurent les mêmes quelles que soient, des deux variétés croisées, celle qui produit le pollen et celle qui fournit les ovules.

2. Dans la génération hybride F_1 issue du croisement, tous les individus manifestent *uniformément* le caractère d'une seule des races parentales (caractère *dominant*). Il en sera de même pour tous les individus hybrides des générations ultérieures.

3. Dans la génération F_2 issue des hybrides (à l'abri d'un nouveau croisement), il se produit une *dissociation* des caractères parentaux, d'après une formule bien définie. La génération F_2 se compose, en effet, au point de vue phénotypique, d'un quart d'individus récessifs et de trois quarts d'individus dominants (1R + 3D) et, au point de vue génotypique, d'un quart de récessifs de race pure, d'un quart de dominants de race pure, et de deux quarts d'individus hybrides (1D + 2DR + 1R). Une dissociation identique se répète, pour chacune des générations ultérieures, dans la descendance des individus hybrides.

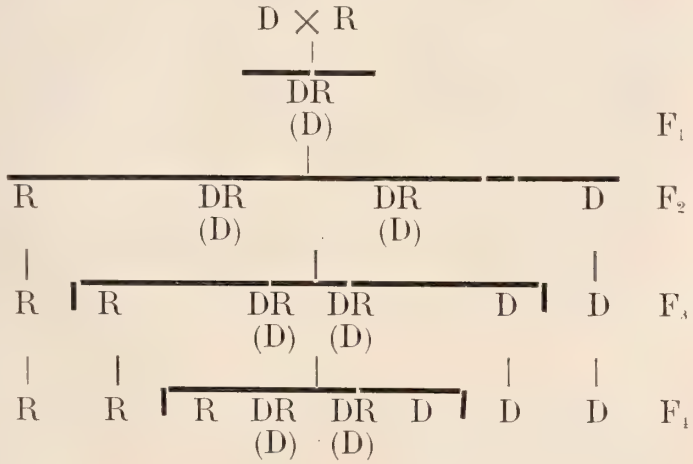


TABLEAU II

En d'autres termes, à chaque génération, les hybrides donnent naissance, pour un quart de leur descendance, à une lignée pure d'un des types parentaux ; pour un second quart, à une lignée pure du second type parental ; et pour les deux autres quarts, à des individus hybrides.

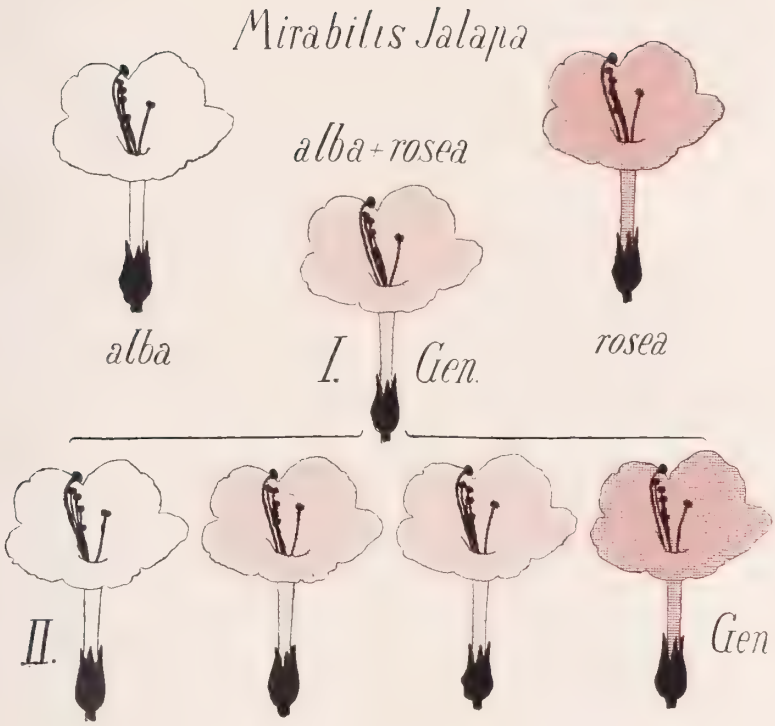
C'est ce que montre le tableau II dans lequel les lettres mises entre parenthèses indiquent la nature phénotypique des individus hybrides.

Il importe de faire remarquer dès maintenant que, des trois points que nous venons de distinguer, c'est le dernier, la *loi de dissociation*, qui constitue la moelle de la découverte de Mendel, la vraie marque distinctive de l'hérédité mendélienne. Les expériences ultérieures ont montré, en effet, que cette loi se vérifie dans bien des cas où la dominance ne se manifeste pas (1) et nous croyons utile, bien que cela empiète sur l'objet du chapitre suivant, d'exposer dès maintenant un cas de ce genre.

Correns (2) croise une variété de *Mirabilis Jalapa* (la belle-de-nuit) à fleurs blanches avec une variété de la même espèce à fleurs roses (planche I). Les membres de la génération F_1 portent des fleurs d'un rose pâle, teinte *intermédiaire* entre les deux couleurs parentales. Il n'y a donc pas de dominance et la première génération trahit sa nature hybride. La génération F_2 se compose de : un quart de plantes à fleurs blanches, donnant ultérieurement une descendance constante ; un quart de plantes à fleurs roses, donnant une descendance pure ; deux quarts de plantes à fleurs rose-pâle, donc

(1) Mendel d'ailleurs ne considérait pas la dominance comme une suite générale de l'hybridation.

(2) Correns, *Ueber Bastardierungsversuche mit Mirabilis-Sippen*, Ber. d. deutsch. Bot. Ges. 1902.


Mirabilis Jalapa
alba
alba + rosea
rosea
I. Gen.
II.
Gen

hybrides. Ainsi la génération F_2 manifeste par elle-même sa vraie nature génotypique.

La formule n'en peut plus être : 1D, 2DR, 1R. Mais, si nous désignons par A le caractère : fleur rose, par *a* le caractère : fleur blanche, nous pourrons désigner par A*a* le caractère intermédiaire : fleur rose-pâle et donner comme formule à la génération F_2 : $1A + 2Aa + 1a$.

Nous voyons donc ici la dissociation mendélienne se manifester indépendamment de la dominance (1). Aussi lorsque l'on dit que des caractères « mendélisent », on veut signifier qu'ils suivent la loi de dissociation.

Nous verrons plus tard que souvent les individus de la génération F_1, quelle que soit leur nature phénotypique et qu'il y ait ou non dominance, montrent du moins une certaine uniformité et on pourrait remplacer la règle de dominance par la règle d'uniformité (Lang).

2. *Polyhybrides.*

En exposant maintenant les expériences de Mendel sur les polyhybrides, nous allons voir se manifester une loi nouvelle ou, si l'on veut, un aspect nouveau de la dissociation mendélienne.

Nous n'exposerons qu'un exemple de *dihybridisme*.

Mendel croise une variété de *Pisum* dont les graines sont de couleur jaune et de forme arrondie (appelons-les : JR) avec une variété dont les graines sont de

(1) Nous n'avons pas voulu, ainsi que le font plusieurs auteurs, commencer par un exemple de ce genre, en soi plus clair, l'exposé des phénomènes mendéliens, non seulement pour éviter tout danger d'usurpation sur la priorité de Mendel, mais surtout parce que la narration d'un cas de croisement avec dominance fait mieux ressortir les mérites de la méthode rigoureusement analytique de Mendel ; en effet, l'intervention de la dominance entraîne l'obligation d'étudier la génération F_3, famille par famille, pour se renseigner sur la vraie composition génotypique de F_2. Or, c'est dans cette *analyse des familles* que réside l'une des fécondes originalités de la méthode de Mendel. Nous le constaterons mieux encore dans l'exposé du polyhybridisme.

couleur verte et de surface ridée (appelons-les : VA, A indiquant que ces graines présentent des contours plus ou moins anguleux). Deux paires antagonistes entrent donc ici en jeu : jaune et vert, rond et anguleux (1).

Pour comprendre les résultats, il faut se rappeler que la graine du *Pisum sativum*, c'est-à-dire le pois lui-même, se compose d'une enveloppe extérieure (le spermoderme) et d'une portion interne (l'amande) constituée ici uniquement de l'embryon. L'embryon n'est autre chose qu'une plantule issue du développement de l'œuf fécondé. Il représente donc le commencement de l'individu nouveau, il appartient déjà à la génération F_1 et, si c'est un croisement qui a donné origine à l'œuf fécondé, l'embryon est lui-même de valeur hybride. Le spermoderme au contraire est un tissu d'origine purement maternelle et ne reçoit donc pas le contre-coup du croisement. — Or, les caractères allélomorphiques dont il s'agit, dans le cas de croisement dihybride que nous allons exposer, se rapportent tous deux à l'embryon lui-même : la coloration jaune ou verte a son siège dans les cotylédons ; la forme, arrondie ou anguleuse, provient de la nature des réserves nutritives, contenues dans les cotylédons eux-mêmes.

Cela étant, la génération F_1, au point de vue de ces caractères, sera représentée par les graines issues *immédiatement* du croisement, c'est-à-dire portées par la plante qui a été le siège de l'hybridation (2).

Voici maintenant les résultats de Mendel.

Les graines produites par la plante-mère — donc la

(1) Nous appellerons caractères « assemblés » les caractères qui, appartenant à des paires allélomorphiques différentes, se trouvent réunis dans un même individu. Tels sont : forme arrondie et couleur jaune, etc.

(2) Au contraire, si l'on envisage les caractères du spermoderme, ce sont les graines produites par *les plantes issues du croisement* qui représentent la génération F_1.

génération F_1 — sont, *toutes*, jaunes et arrondies : JR est donc dominant, VA récessif.

Mendel sème ces graines et en obtient 15 plantes. Celles-ci, à leur tour, produisent des pois qui représentent la génération F_2. Or, parmi ces derniers, Mendel ne voit pas seulement, à côté de l'assemblage dominant JR, reparaître l'assemblage récessif VA, mais en outre il observe deux formes nouvelles : des graines jaunes mais anguleuses (JA), et des graines vertes mais arrondies (VR), résultant par conséquent d'*un assemblage nouveau des caractères allélomorphiques*. Les quatre formes sont nettement reconnaissables. Mendel, poursuivant toujours un inventaire exact et complet, compte, sur un total de 556 graines :

$$32\,VA + 108\,VR + 101\,JA + 315\,JR.$$

Ces chiffres correspondent à la proportion :

$$1\,VA + 3\,VR + 3\,JA + 9\,JR.$$

Analysons cette formule. Elle nous montre d'abord la confirmation de la loi de dissociation énoncée pour les monohybrides. En effet, elle comporte, pour chacune des deux paires antagonistes, examinées séparément, la formule 1R + 3D : sur 16 graines, il y a 12 graines jaunes et 4 vertes ; de même, sur 16 graines, il y a 12 graines arrondies et 4 anguleuses.

Mais une chose nouvelle se manifeste ici. Les deux caractères qui se trouvent assemblés dans un même parent : J et R, V et A, ne restent pas liés entre eux lors de la dissociation qui se produit à la génération F_2 : *les deux paires allélomorphiques subissent chacune pour leur compte et indépendamment l'une de l'autre, la dissociation mendélienne*, réalisant ainsi des *assemblages nouveaux* qui n'existaient dans aucun des deux parents ; les divers assemblages se manifestent dans une proportion numérique bien définie qui, si l'on

désigne par D et D′ les deux caractères dominants, par R et R′ les deux caractères récessifs, peut se formuler comme suit :

$$1RR' + 3RD' + 3DR' + 9DD'.$$

C'est là une nouvelle *loi de dissociation*. Mais elle demande une plus ample justification. Les formules que nous venons de donner ne sont que *phénotypiques*. Or, pour s'assurer que l'indépendance des deux paires allélomorphiques dans la dissociation est bien absolue, il faut connaître la composition *génotypique* F_2, et à cet effet, il est nécessaire d'étudier la génération F_3.

C'est ce que Mendel a fait avec un esprit de suite et une netteté de conception admirables. Au moment d'exposer ses recherches sur ce point, nous prions le lecteur de ne pas se laisser rebuter par l'aridité d'une expertise statistique : nécessaire pour établir la loi qui nous occupe, elle aura en outre l'avantage de montrer à l'œuvre l'esprit d'analyse de Mendel et, d'ailleurs, nous devrons y recourir plus tard pour mettre en lumière l'hypothèse proposée par Mendel lui-même.

La génération F_2 comprenait, avons-nous dit, cinq cent cinquante-six graines. Mendel les sema, *en les séparant en quatre lots*, d'après leur nature phénotypique. Quelques-unes ne germèrent point ou ne produisirent que des plantes stériles. La plupart cependant donnèrent naissance à des plantes fertiles qui, à leur tour, formèrent des graines, représentant la génération F_3.

Voyons ce que produisit chacun des quatre lots.

1. Les graines du lot VA, vertes et anguleuses. — Elles ont donné 32 plantes qui, toutes, ne portèrent, à leur tour, que des pois verts et anguleux. Les graines du lot VA étaient donc purement récessives tant pour la forme que pour la couleur. Si nous désignons, par la répétition du symbole d'un caractère, la pureté de la

race au point de vue de ce caractère (en opposant cela à la réunion des deux symboles d'une même paire, qui indique l'hybridité de la race au point de vue de cette paire), nous dirons que les 32 graines du lot VA ont pour formule VVAA.

2. Les graines du lot VR, vertes et rondes. — Elles ont donné 102 plantes : de celles-ci, 35 ne produisirent, à leur tour, que des pois verts et ronds; 67 formèrent des graines, toutes, vertes mais dont les unes étaient rondes et les autres anguleuses. Par conséquent, dans le lot VR, 35 graines étaient de race purement récessive pour la couleur et purement dominante pour la forme : leur formule est VVRR ; 67, au contraire, étaient de race récessive pure sous le rapport de la couleur, mais demeuraient hybrides sous le rapport de la forme : leur symbole est VVRA.

3. Les graines du lot JA, jaunes et anguleuses. — Elles ont donné 96 plantes : de celles-ci, 28 ne portèrent elles-mêmes que des graines jaunes et anguleuses; 68 produisirent des graines, toutes, anguleuses, mais dont les unes étaient jaunes et les autres vertes. Par conséquent, dans le lot JA, 28 graines étaient de race purement dominante pour la couleur et purement récessive pour la forme : leur symbole est JJAA ; 68, au contraire, étaient de race récessive pure pour la forme, mais demeuraient hybrides pour la couleur, leur formule étant donc JVAA.

4. Les graines du lot JR, jaunes et rondes. — Elles ont donné 301 plantes. De celles-ci, 38 ne portèrent elles-mêmes que des graines jaunes et rondes ; 65 produisirent des graines, toutes, rondes, mais dont les unes étaient jaunes et les autres vertes ; 60 formèrent des graines, toutes, jaunes, mais dont les unes étaient rondes et les autres anguleuses : enfin 138 produisirent des graines dont les unes étaient jaunes et les autres vertes et, dans chacune de ces deux catégories, il y avait des

graines rondes et des graines anguleuses. Par conséquent, des 301 graines du lot JR, 38 étaient de race dominante pure sous le rapport des deux paires allélomorphiques : leur symbole est JJRR ; 65 étaient de race dominante pure pour la forme, mais hybrides pour la couleur : leur symbole est JVRR ; 60 étaient de race dominante pure pour la couleur, mais hybrides pour la forme : leur symbole est JJRA ; 138 étaient hybrides sous le rapport des deux paires antagonistes : leur symbole est JVRA.

Le tableau III synthétise cet ensemble de résultats. La première ligne comprend l'indication des quatre lots phénotypiques de graines de la génération F_2. Sous chacun de ceux-ci se trouve renseignée leur composition génotypique. Une barre simple placée sous un symbole indique une race pure ; une double barre signale un dihybride, une barre simple accompagnée d'une demi-barre indique des individus de race pure sous le rapport de l'une des deux paires allélomorphiques mais hybrides au point de vue de la seconde.

Phénotypes	32 VA	96 JA	102 VR	301 JR
Composition génotypique	32 VVAA	28 JJAA	35 VVRR	38 JJRR
		68 JVAA	67 VVRA	65 JVRR
				60 JJRA
				138 JVRA

Tableau III.

D'après ce tableau, on voit que la génération F_2 se compose, en réalité, de neuf lots de valeur génotypique différente :

a. Quatre lots de race pure et qui sont de valeur

numérique théoriquement égale (1). Ils correspondent aux quatre assemblages possibles des caractères allélomorphiques.

b. Quatre lots comprenant des graines de race pure pour l'une ou l'autre des paires antagonistes et hybrides par rapport à l'autre. Ils sont, eux aussi, de valeur numérique égale, et cette valeur est le double de celle des lots précédents.

c. Un lot de graines hybrides sous le rapport des deux paires allélomorphiques ; la valeur numérique de ce lot dépasse, du double, celle des lots du second groupe.

Par conséquent le schéma génotypique de la génération F_2 est le suivant :

1VA	3JA	3VR	9JR
‖			‖
1VVAA	1JJAA	1VVRR	1JJRR
	2JVAA	2VVRA	2JVRR
			2JJRA
			4JVRA

Ou, en une formule :

VVAA + JJAA + VVRR + JJRR + 2JVAA + 2VVRA + 2JVRR + 2JJRA + 4JVRA.

Or, dirons-nous maintenant avec Mendel, cette expression est précisément la combinaison, c'est-à-dire le produit de la multiplication l'une par l'autre, des deux formules qui indiquent la dissociation pour chacune des paires allélomorphiques assemblées, considérées isolément, formules qui sont : JJ + 2JV + VV, RR + 2RA + AA. En d'autres termes, cette expression indique *toutes les combinaisons suivant lesquelles les*

(1) Les nombres ne sont pas absolument les mêmes, mais l'écart qui existe entre eux est assez restreint pour qu'on puisse l'attribuer aux causes diverses d'insuccès qui entravent de pareilles expériences. La même remarque s'applique aux autres relations numériques dont il sera question dans la suite.

deux formules élémentaires, régissant chacune des paires allélomorphiques, peuvent associer leurs effets. Puisque donc cette formule génotypique se réalise dans les expériences, c'est que les *deux paires allélomorphiques subissent la dissociation en une complète indépendance réciproque.*

Le lecteur qui a suivi notre exposé ne pourra manquer, nous paraît-il, d'être vivement frappé, non seulement par l' « élégance » des résultats et des lois mendéliennes, mais surtout par cet esprit d'analyse pénétrant et persévérant qui a amené Mendel à les découvrir.

Mendel a d'ailleurs étudié avec la même rigueur un cas de trihybridisme. Il y a retrouvé les mêmes lois et y a constaté la dissociation indépendante des trois paires allélomorphiques mises en jeu.

C. *Hypothèse de Mendel*

Mendel ne pouvait s'arrêter à une simple narration de ses expériences. Il a proposé, pour rendre compte des phénomènes si remarquables de la dissociation, une hypothèse très ingénieuse, qui, dans son esprit si lucide et si analyste, et grâce précisément aux données si rigoureuses de ses expériences, prit immédiatement une forme nette et achevée et lui inspira la réalisation d'expériences nouvelles. On dit souvent que c'est dans cette conception théorique qu'il faut voir vraiment la grande découverte de Mendel. C'est, à notre avis, amoindrir l'œuvre du moine autrichien. Son hypothèse dût-elle être notablement modifiée, il suffirait à la gloire de Mendel d'avoir introduit, dans l'étude du problème actuel, la seule méthode qui puisse mener à des résultats rigoureux et d'avoir, en l'appliquant, établi la

grande loi de la dissociation dans les monohybrides et les polyhybrides.

L'hypothèse de Mendel est souvent désignée sous le nom de « pureté des gamètes ». Nous l'exposerons d'une façon un peu différente de celle qu'emploie Mendel lui-même.

Le but en est d'expliquer les *phénomènes de dissociation* ou, pour prendre un cas concret, de fixer le déterminisme d'où resulte la composition génotypique de la génération F_2, d'après les formules données plus haut pour les monohybrides (p. 371) et les polyhybrides (p. 379).

Les individus de cette génération prennent leur origine dans les gamètes produits par les individus hybrides de la génération F_1 ou mieux dans les zygotes issues de la fusion d'un gamète mâle avec un gamète femelle. C'est précisément dans la constitution même des gamètes formés par l'hybride que Mendel recherche la cause de la dissociation.

Voici, à ce sujet, les différents points de l'hypothèse de Mendel :

1. Un gamète donné n'est jamais porteur, à la fois, des deux caractères d'une même paire allélomorphique (1), mais il porte à « l'état de pureté » un seul de ces caractères : *il n'y a donc pas de gamètes hybrides*, tous sont de race pure.

Un grain de pollen (ou, plus strictement, les deux gamètes mâles produits par ce grain de pollen) qui a pris naissance sur un individu hybride à tige longue de la génération F_1 ou d'une génération quelconque, ne peut pas être porteur, à la fois, de la virtualité : tige longue et de la virtualité : tige courte, mais n'en porte

(1) En disant qu'un gamète est porteur d'un caractère, on veut simplement signifier qu'il porte la « capacité » de faire apparaître ce caractère dans l'individu nouveau à qui, pour sa part, il donnera origine. Il porte la « virtualité », la « puissance » de ce caractère.

qu'une des deux. Il en est de même pour le gamète femelle, l'oosphère.

2. Dans chaque sexe, les gamètes produits par un individu hybride, sont, *par moitié*, porteurs de l'un des caractères antagonistes, et, *par moitié*, porteurs du caractère opposé. Dans l'exemple que nous avons choisi, un individu hybride produit en nombre égal des grains de pollen porteurs de la virtualité : tige longue et des grains de pollen porteurs de la virtualité : tige courte. Et il en est de même pour les oosphères.

Énoncée pour un seul individu, cette hypothèse ne peut comporter, dans le fait, qu'une égalité approximative entre les gamètes allélomorphiques, et cela à cause des circonstances diverses qui entraînent la stérilité d'un certain nombre de grains de pollen et d'ovules. Aussi faut-il admettre que l'égalité se réalisera d'autant mieux que l'on considérera un plus grand nombre d'individus hybrides.

Ces deux premiers points de l'hypothèse mendélienne peuvent encore s'exprimer sous cette forme : l'individu hybride, possédant en lui les deux virtualités allélomorphiques, — bien que n'en manifestant qu'une seule, dans les cas de dominance, — répartit ces deux virtualités entre les gamètes qu'il produit, léguant l'une d'elles, dans chaque sexe, à la moitié des gamètes et accordant la seconde à l'autre moitié.— C'est pourquoi on peut, avec Bateson, désigner l'hypothèse de Mendel sous le nom de : *ségrégation* des caractères dans les gamètes.

3. Chez les polyhybrides, la « ségrégation » des caractères entre les gamètes s'accomplit d'une façon indépendante pour chacune des paires allélomorphiques, en sorte que, dans les gamètes, se trouvent réalisés non seulement les assemblages parentaux des virtualités allélomorphiques mais bien tous les assemblages auxquels ils peuvent se prêter ; en outre, chacun de

ces assemblages est représenté, pour chaque sexe, dans un nombre égal de gamètes.

Telle est l'hypothèse complète de Mendel sur la constitution des gamètes. Elle deviendra plus claire pour le lecteur lorsque nous en aurons montré l'application à divers exemples.

Pour expliquer, par cette hypothèse, les phénomènes de dissociation, il faut y ajouter la supposition très vraisemblable que les fusions entre gamètes de sexe différent et de diverse valeur allélomorphique sont livrées au hasard, en ce sens qu'un gamète mâle d'une valeur allélomorphique donnée peut aussi bien s'unir à un gamète femelle de même valeur qu'à un gamète femelle de valeur opposée, un gamète mâle récessif, par exemple, étant apte à se fusionner aussi bien avec un gamète femelle récessif qu'avec un gamète femelle dominant.

A. Examinons d'abord le cas des *monohybrides* et conservons l'exemple du début, comportant le phénomène de dominance.

D'après l'hypothèse de Mendel, les hybrides de F_1 produisent des grains de pollen porteurs du caractère récessif : tige courte, et des grains de pollen, porteurs du caractère dominant : tige longue. Il en est de même pour les oosphères. Cela étant, quatre rencontres peuvent se réaliser dans la fécondation :

Pollen	L	avec oosphère	L
»	L	»	C
»	C	»	L
»	C	»	C

Si maintenant on suppose un nombre égal de grains de pollen de chaque espèce et un nombre égal d'oosphères de chaque sorte ; si d'autre part, on admet que les fusions entre gamètes sont laissées au hasard, il s'ensuit

que les quatre combinaisons énumérées plus haut ont *des chances égales de se réaliser* et par conséquent se réaliseront *en nombre égal.*

Le résultat sera donc

$$1\,LL + 1\,LC + 1\,CL + 1\,CC$$

c'est-à-dire : $= 1\,L + 2\,LC + 1\,C$

ou : $= 1\,D + 2\,DR + 1\,R$

Or, on le voit, cette expression n'est rien autre chose que la formule même de la dissociation dans les monohybrides. La dissociation se trouve donc, par l'hypothèse de Mendel, parfaitement expliquée, jusque dans les détails de la formule.

Pour manier aisément l'hypothèse de Mendel, on se sert d'un procédé graphique dû à Punnett. On partage une figure carrée en autant de compartiments carrés qu'il y a de combinaisons possibles entre les gamètes (ce qui équivaut à la seconde puissance du nombre d'espèces allélomorphiques de gamètes) ; le nombre de carrés élémentaires que comporte un côté de la figure totale est ainsi égal au nombre d'espèces de gamètes qui se produisent dans chaque sexe.

Ensuite, on écrit, dans tous les carrés de la première série horizontale, le symbole d'une espèce de gamète mâle, dans tous les carrés de la seconde série horizontale, le symbole d'une seconde espèce de gamète mâle, et ainsi de suite, s'il s'agit d'un polyhybride. De même, on écrit, dans tous les carrés de la première série verticale, le symbole d'une espèce de gamète femelle ; dans tous les carrés de la seconde série verticale, le symbole d'une seconde espèce de gamète femelle, et ainsi de suite, s'il s'agit d'un polyhybride. On arrive ainsi à figurer toutes les combinaisons de gamètes qui ont des chances égales de se réaliser, et la composition génotypique de F_2 apparaît clairement.

Dans le cas de monohybridisme qui nous occupe la figure sera la suivante :

L L **Longue**	L C Longue
C L Longue	C C **Courte**

Dans la partie gauche des quatre carrés se trouvent indiquées les combinaisons de gamètes et par conséquent les diverses valeurs génotypiques des individus de F_2. Dans la partie droite des carrés, se trouvent mentionnés les résultats phénotypiques, les races pures étant marquées par l'impression en lettres grasses.

On voit que la figure correspond à la formule : 1L + 2LC + 1C.

En se servant des symboles D et R, on aurait

D D **D**	D R D
R D D	R R **R**

ce qui correspond à : 1R + 2DR + 1D.

Une figure du même genre se construira aisément pour notre cas de monohybridisme sans dominance. R signifiant la couleur rose, et B. la couleur blanche :

R **Rose** R	R Rose pâle B
B Rose pâle R	B **Blanche** B

Avant de passer au cas des polyhybrides, il faut insister sur une conception que Mendel déduit de son hypothèse : c'est que l'*hybridation se renouvelle à chaque génération* ; il n'y a donc *pas de race hybride*, en ce sens que l'hybridité n'est pas un caractère qui soit transmis des parents aux descendants.

B. *Dihybrides*. L'application de l'hypothèse est encore plus intéressante ici, car elle va nous rendre compte de la composition génotypique de F_2, apparemment si compliquée, dont nous avons donné, p. 379, le schéma et la formule.

Dans notre cas de dihybridisme, les individus de F_1 produisent, d'après l'hypothèse, quatre sortes de gamètes pour chaque sexe (représentant les quatre assemblages possibles des caractères appartenant aux deux paires antagonistes) : JR, JA, VR, VA, et ces quatre sortes de gamètes sont formés en nombre égal.

Il y a donc $4 \times 4 = 16$ chances égales de rencontre entre gamètes de différent sexe.

Le tableau suivant le montre, en même temps qu'il indique les résultats phénotypiques.

JR **JR** JR	JR JR JA	JR JR VR	JR JR VA =
JA JR JR	JA **JA** JA	JA JR VR =	JA JA VA
VR JR JR	VR JR JA =	VR **VR** VR	VR VR VA
VA JR JR =	VA JA JA	VA VR VR	VA **VA** VA

Or, ce tableau des diverses combinaisons gamétiques rend compte, *jusque dans le dernier détail*, de la dissociation qui se produit, à la génération F_2, dans les dihybrides. En effet :

1. On y reconnaît les divers *phénotypes* de la génération F_2, dans leurs *proportions numériques :* 9 JR, 3 JA, 3 VR, 1 VA.

2. On y remarque, dans leurs *proportions numériques*, les neuf lots *génotypiques* qui composent la génération F_2, d'après le schéma et la formule de la page 379. Les quatre combinaisons de race pure occupent, dans le tableau, la diagonale de gauche en haut à droite en bas (leurs phénotypes sont imprimés en lettres grasses) ; les quatre combinaisons dihybrides occupent la diagonale de gauche en bas à droite en haut (leurs phénotypes sont soulignés d'une double barre) ; les huit autres carrés contiennent les combinaisons qui ee sont hybrides que pour une paire allélomorphique et qui sont représentées chacune deux fois

dans la formule. Il est bon d'insister sur ceci — qui se déduit d'ailleurs des deux points précédents — que le tableau n'explique pas seulement la réalisation des neuf génotypes de F_2, mais aussi *leurs relations* avec *les quatre phénotypes*, telles qu'elles sont indiquées par le schéma de la page 379.

On voit qu'il y a, entre les résultats expérimentaux et l'hypothèse qui veut en rendre compte, une concordance vraiment frappante, d'autant plus remarquable que l'hypothèse elle-même demeure, dans ses divers éléments, *très simple* et *très naturelle*. Une si parfaite convenance avec les faits qu'il avait observés n'a pas semblé à Mendel un appui suffisant de son explication. Il a voulu au contraire soumettre celle-ci à l'épreuve de *contre-expériences* très ingénieuses et vraiment très éloquentes, qu'il nous reste maintenant à exposer.

Le principe en est clair. S'il est vrai, comme le comporte l'hypothèse, qu'un individu hybride (par exemple, un individu de F_1) produit, *en nombre égal* pour les deux sexes, *différentes sortes* de gamètes purs, il s'ensuit qu'on pourra prévoir les divers phénotypes qui résulteront du croisement entre cet hybride lui-même et un individu de race pure (ne produisant donc, pour chaque sexe, qu'*une sorte* de gamète), et que ce croisement fournira ainsi une contre-épreuve de l'hypothèse.

Considérons le cas des monohybrides avec dominance. D'après l'hypothèse, les individus de F_1 produisent, en nombre égal, deux sortes d'oosphères, les unes D, les autres R. Si on les féconde par du pollen d'un individu de race *dominante* pure, on doit obtenir une descendance composée, pour moitié, de DD, et pour moitié, de DR. Toute cette génération sera, phénotypiquement, dominante, mais une moitié des individus donnera, à la génération suivante, une descendance dissociée. Si, d'autre part, on féconde les individus de F_1 par le pollen d'un individu de race *récessive* pure,

on doit recueillir une descendance de formule 1DR + 1RR, comprenant donc une moitié phénotypiquement dominante, mais génotypiquement hybride, et une autre moitié de race récessive pure.

Or, Mendel a réalisé ces divers croisements et les résultats prévus par la théorie sont ceux que ses expériences lui ont fournis.

De plus, pour s'assurer que non seulement les oosphères de l'hybride, mais aussi ses grains de pollen sont, par moitié, de virtualité purement dominante ou de virtualité purement récessive, Mendel a effectué une série inverse d'expériences ; il a fécondé, par le pollen de l'hybride, des individus de race pure dominante et des individus de race pure récessive. Les résultats en devaient être, d'après l'hypothèse, identiques à ceux de la première catégorie d'expériences et c'est bien ce qui s'est réalisé.

Chose plus frappante encore, le même procédé d'expérimentation appliqué aux dihybrides, avec leur quatre sortes de gamètes pour chaque sexe, a fourni des résultats en parfaite concordance avec les prévisions de la théorie. Et c'est même principalement sur les dihybrides que Mendel a fait l'épreuve de son hypothèse. Nous ne nous arrêterons pas à exposer ces expériences minutieuses de Mendel. Ce que nous avons dit suffit pour donner au lecteur une idée précise de l'hypothèse mendélienne et pour lui montrer que, d'une façon très simple et très naturelle, elle rend compte, jusque dans le menu détail, des résultats expérimentaux en permettant même de les prévoir sûrement. Ajoutons d'ailleurs dès maintenant que nous n'avons envisagé, avec Mendel lui-même, que le cas du *Pisum sativum*. Lorsque nous exposerons les recherches des Mendelistes sur de nombreux objets, nous aurons l'occasion d'examiner sous de nouveaux aspects la valeur de l'hypothèse.

Telle est l'œuvre du moine de Brünn. Très en avance sur les travaux des devanciers et des contemporains de Mendel (1), elle marque vraiment une grande étape de la biologie, une date capitale dans l'étude de l'hérédité.

(A suivre).

V. Grégoire,
Professeur à l'Université de Louvain.

(1) L'œuvre de l'hybridologue français Charles Naudin présente plusieurs points de contact avec celle de Mendel (C. Naudin, *Nouvelles recherches sur l'hybridité des végétaux*, Ann. Sc. Nat. Bot., 1863 ; voir Blaringhem, *La notion d'espèce et la disjonction des hybrides*, d'après Charles Naudin ; *Progressus Rei Botanicae*, IV, 1911). Naudin constata l'uniformité de la génération F_1 et un retour aux types parentaux dans chacune des générations qui suivent la première — deux choses qui d'ailleurs, sous cette forme générale, étaient connues auparavant ; Naudin expliqua même le retour aux formes parentales et le maintien de certains individus hybrides par une « disjonction des deux essences spécifiques dans le pollen et les ovules de l'hybride » amenant, à chaque génération, une nouvelle « fécondation croisée », à côté des « fécondations légitimes » qui rendent des produits d'un type purement parental. On le voit, cela frôle le mendélisme. Seulement la méthode de Naudin était entachée de plusieurs défauts et c'est ce qui place son œuvre bien en-dessous de celle de Mendel. En effet, parce qu'il étudia des croisements non parfaitement féconds, parce qu'il ne tint pas compte de tous les membres de chaque génération, parce qu'il négligea de suivre, famille par famille, la destinée de la descendance, Naudin ne put arriver à ces données statistiques précises qui permirent à Mendel d'établir des lois *numériques* de la dissociation et d'en formuler, par son hypothèse, une explication *détaillée*. C'est pourquoi la loi de disjonction et l'hypothèse de la ségrégation demeurent, chez Naudin, à l'état d'indications. Et c'est ainsi que le botaniste français en arrivait à admettre que la descendance des hybrides finit par faire *tout entière* retour aux types parentaux ou à un seul d'entre eux : « Les hybrides fertiles et se fécondant eux-mêmes reviennent tôt ou tard aux types spécifiques dont ils dérivent, et ce retour se fait, soit par le dégagement des deux essences réunies, soit par l'extinction graduelle de l'une des deux. Dans ce dernier cas, la postérité hybride revient tout entière et exclusivement à l'une des deux productrices ». Les divergences entre cette loi et celles de Mendel sont fondamentales. Ajoutons d'ailleurs que Mendel n'eut pas connaissance du travail de Naudin.

LE

COMMERCE BELGE AU KATANGA [1]

Le Katanga est tenu au libre échange. Capacité d'achat. Analyse des importations ; les services publics ; les particuliers. Denrées alimentaires. Matières premières. Produits manufacturés. Ceux-ci ne viennent pas de l'Afrique du Sud mais d'Europe. La compétition est donc possible. Programme : la maison de commission. Son champ d'action. Elle doit agir : 1° sur le marché local ; 2° au delà des frontières. Le marché sud-africain. Le marché rhodéso-katangien. Le petit commerce. Les frets. Le change. Le rôle des pouvoirs publics. Conclusion.

Le Katanga est, comme l'ensemble du Congo, ouvert au commerce de toutes les nations par des conventions internationales qui les mettent sur un pied d'égalité complète, et ce droit, d'assez peu d'importance pratique jusqu'en 1910, est passé dans les faits depuis que le chemin de fer de Sakania à Élisabethville rattache la colonie au réseau Sud-Africain et, par là, aux grands courants commerciaux.

L'Acte de Berlin stipule, en son article I, que le commerce de toutes les nations jouira, dans le bassin du Congo, d'une complète liberté, et en son article III paragraphe 2, que tout traitement différentiel est interdit à l'égard des navires comme des marchandises. La ligne ferrée place les régions cuprifères du Haut-Katanga à quatre jours de Bulawayo et à sept jours du Transvaal et de la Colonie du Cap. Cette nécessité, d'ailleurs toute provisoire, de passer par des territoires

(1) Conférence donnée à l'assemblée générale de la *Société Scientifique*, à Bruxelles, le jeudi 27 avril 1911.

étrangers déjà producteurs, la présence au Katanga d'un certain nombre de négociants anglais qui, par la force des choses, avaient pris les devants, l'impossibilité de se protéger par une barrière douanière, ont donné cours à l'opinion que notre commerce était gravement, sinon irrémédiablement, compromis. Car comment lutter sans protection sur un marché d'outre-mer, contre des concurrents qui se trouvent à ses portes?

Ces appréhensions accusent une méconnaissance, malheureusement courante, des principes élémentaires du commerce international. Imposer ses produits à un pays, écarter ceux de ses concurrents par des tarifs différentiels de transports ou de douanes, c'est appauvrir ce pays de toute l'économie qu'il ferait en les acquérant à meilleur compte ailleurs, c'est énerver en même temps les facultés productrices de celui qui les impose, en l'endormant dans une sécurité trompeuse. Les prétendus conflits économiques entre nations sont souvent moins irréductibles qu'on ne tend à le croire. Lorsqu'on analyse attentivement les faits, on constate que les principes de liberté et d'égalité de régime, qui sont devenus la règle dans les transactions intérieures, sont aussi d'application avantageuse dans le commerce international, et qu'il n'est pas de plus sûr moyen de servir les intérêts économiques d'un pays que d'envisager la concordance qui existe entre eux et ceux des autres. Le commerce colonial n'échappe pas à cette loi : la confusion de souveraineté ne fait qu'en rendre l'application plus facile. S'adressant le 15 janvier dernier à la Chambre de Commerce de Bruxelles, M. Renkin, Ministre des Colonies, disait : « Quand, tout à l'heure, votre Président a fait allusion au libre échange, je l'ai applaudi chaleureusement parce que, je dis ceci à titre personnel, j'en suis un partisan convaincu. Je crois fermement que la grandeur de la Belgique dans le

domaine économique, comme son prestige, est attaché au principe de la liberté du commerce. »

S'il est trop tôt, en absence d'un exercice statistique complet, pour donner une approximation quelque peu précise de la puissance d'acquisition du Katanga, on peut, sans s'aventurer, estimer que, pendant les quelques années qui viendront, elle ne dépassera guère trente millions de francs par an. Analysons ce mouvement commercial.

Les achats effectués par les services publics constituent un premier groupe d'affaires qui embrasse notamment les grosses dépenses d'outillage de la colonie. La politique des chemins de fer, poursuivie avec l'énergie que l'on sait par M. le Ministre des Colonies, en absorbe aujourd'hui la plus grande part, et l'État Indépendant n'avait pas hésité, jadis, à recourir à une mesure protectionniste pour en garantir, partiellement au moins, le bénéfice à la Belgique. Dans l'article 3 du cahier des charges, annexé à la convention du 5 novembre 1906, passée avec la Compagnie du Chemin de fer du Bas-Congo au Katanga, il avait imposé le recours pour moitié au moins des commandes à l'industrie belge (1). Cette clause était en soi assez inutile : la construction du matériel de chemin de fer se fait, en Belgique, dans des conditions de qualité et de prix qui lui permettent d'enlever des marchés dans les pays les plus protégés, la France entre autres. Ce fut sans sacrifices pécuniaires pour les entrepreneurs, que la Compagnie concessionnaire leur imposa l'an dernier de se fournir en Belgique des 30 000 tonnes de rails, ponts, traverses, wagons, etc., nécessaires à la section allant de la frontière à Élisabethville, et le contrat passé cette année pour la section Élisabethville-Kambove contient une

(1) *Exposé de la question des chemins de fer*, Bruxelles, 1911, p. 171.

disposition analogue qui entraînera une nouvelle commande de près de 25 000 tonnes. C'est, pour les usines belges, une fourniture de plus de 20 millions en deux ans. En tablant sur un avancement annuel moyen de 200 kilomètres, on arrive à une commande régulière, pendant plusieurs années, de 10 millions de francs par an qui, sans altérer les lois de la concurrence, pourra être assurée à l'industrie nationale.

La construction, déjà prévue, d'un réseau routier, les ponts, les travaux d'adduction d'eau, d'irrigation et de drainage, les édifices publics, entraîneront eux aussi des commandes de matériel, de ciment, de charpentes métalliques, de fers bruts et profilés, de machines et d'outils, dont les marchés seront passés d'après des cahiers des charges avec lesquels nos producteurs sont, de longtemps, familiarisés. Les adjudications les plus importantes se feront sans doute en Belgique ; celles faites en Afrique le seront de manière que l'industrie nationale en soit informée en temps utile. Les conditions de réception seront, avec quelques variantes, celles auxquelles elle est astreinte dans ses relations avec l'administration métropolitaine. Cette manière de faire, la garantie absolue d'un traitement équitable, suffiront d'autant plus souvent à accorder l'avantage à des Belges, que la plupart des produits que nous venons d'énumérer sont fabriqués couramment en Belgique pour l'exportation.

Il importe cependant que cet avantage ne constitue pas un droit. L'État Indépendant a pu tenir, à une époque où la critique était vive, à l'inscrire dans un contrat, mais les circonstances ont assez changé pour que le gouvernement reprenne sa liberté d'action, et s'arme en vue de recourir à la concurrence, le jour ou il devrait secouer de l'apathie ou résister à une coalition. L'histoire du conflit qui mit aux prises l'administration des chemins de fer belges avec les maîtres

charbonniers, et la manière dont elle vint à bout de leurs prétentions en s'adressant aux houillères anglaises, est d'hier. Elle montre l'utilité de cette précaution.

Nous ne parlerons que pour mémoire des dépenses d'entretien, de mobilier, registres et imprimés, requis par l'administration, des besoins du service de l'instruction publique, des services pénitentiaires etc. Les prévisions budgétaires permettent de fixer les dépenses, autres que celles des chemins de fer, à un minimum annuel de 6 à 7 millions.

A côté des services publics, qui resteront pour longtemps encore un important consommateur, se trouvent les acheteurs, petits, moyens et gros, qui constituent la classe industrielle et commerciale, classe de beaucoup la plus intéressante, parce que, si elle est la plus difficile, si elle n'est pas la plus lucrative pour l'instant, elle constitue la clientèle de l'avenir, celle qui, par sa nature, par sa fonction, est appelée à se développer et à développer avec elle, dans les pays limitrophes, le marché des produits européens. Plus de préoccupation nationale ici, plus de souci de favoriser ou même de respecter la production métropolitaine. C'est le consommateur qui fait la loi, et le consommateur c'est l'ouvrier noir, c'est le colporteur syrien ou polonais, l'entrepreneur italien, le contre-maître allemand, le fermier afrikaander, l'ingénieur anglais, belge ou américain. Pour ces cosmopolites, tout produit est bon, pourvu qu'il donne au moindre prix ce que l'acheteur en attend. L'outillage de la grande et de la petite industrie, celui des ouvriers de métiers et l'outillage agricole, l'importation des matières premières et des denrées alimentaires, le commerce des tissus et des articles divers, tout se ramène en ordre essentiel à une question de prix de revient, en ordre subsidiaire à une question de

types commerciaux que le voisinage de la Rhodésie a faits provisoirement anglais, mais qui ne sont pas suffisamment anciens pour être définitivement fixés.

Ces produits, dont la valeur annuelle ne dépassera pas, d'ici à un certain temps, 12 à 13 millions, peuvent être classés dans trois catégories : ceux que l'Afrique du Sud produit et que l'Europe ne possède pas ; ceux que l'Europe possède et que l'Afrique du Sud ne fournit pas : ceux qui sont produits simultanément par l'Europe et par l'Afrique du Sud.

Le Katanga, région minière où l'agriculture est dans l'enfance, où l'élevage est contrarié par la tsé-tsé, où l'industrie attirera par de hauts salaires la plupart des bras disponibles, le Katanga, où le service gouvernemental de l'agriculture fait en ce moment un puissant effort, restera pendant longtemps dépendant du dehors pour sa subsistance, comme le sont d'ailleurs la Belgique, l'Angleterre et les districts industriels de l'Allemagne et des États-Unis. C'est une loi économique, qu'un pays s'adonne de préférence au genre d'activité pour lequel les conditions naturelles l'ont le plus favorablement disposé. L'Afrique australe, qui exporte chaque année plus de 1 750 000 sacs de maïs, 1 000 000 de francs de farine et pareille somme de bétail, la Rhodésie, qui donne les mêmes produits dans une proportion moindre, mais dans un voisinage plus immédiat, ont un débouché indiqué au Katanga. Ce sont les produits de première catégorie dont nous parlions plus haut. En y regardant d'un peu près, on constate qu'il n'y a pas là un monopole de fait, aussi assuré qu'il paraît. Si l'exportation du maïs a triplé dans l'Afrique du Sud, elle le doit surtout à des tarifs de transport réduits, dus à l'absence de frets de retour sur les voies ferrées et les bateaux. Bien que le « Railway Board » de l'Union sud-africaine ait fait exception en faveur de la Rhodésie via Kimberley et Mafeking, lorsqu'il a supprimé les

tarifs de pénétration, il semble peu probable qu'il s'impose un sacrifice si l'exportation des maïs est assurée par la voie maritime et dès lors, en cas de récolte insuffisante ou simplement normale en Rhodésie, — car il y a peu d'excédent — l'importation du maïs par chargements complets via Beira et, mieux encore, dans un avenir plus lointain, via Lobito-Bay, n'a rien d'impossible. Dans les articles où les préférences du client jouent un plus grand rôle, l'avantage est moins certain encore. Le vin du Cap est loin d'être apprécié par tous au Katanga et malgré une différence de prix, les vins de France et d'Italie conservent la faveur de ceux qui les connaissent. Pareillement les bières et les eaux gazeuses peuvent être écartées par l'industrie locale. On ne saurait nier toutefois que, pour les denrées alimentaires qui ne sont pas à un certain degré des produits de luxe, l'Afrique australe et la Rhodésie jouissent d'une situation privilégiée. Les exportations de ces produits du Cap vers le Congo belge ont quadruplé en 1909, et cette situation tend à se maintenir.

En est-il de même pour les matières premières nécessaires à l'industrie ? La seule requise jusqu'ici, le combustible, dont il faudra quinze mille tonnes par an, nous donne un exemple typique. A 900 kilom. de la frontière congolaise, non loin des chutes du Zambèze, s'élèvent dans la solitude de Veldt les hautes cheminées des houillères de Wankie. Exploitation industrielle bien conçue et bien dirigée, elles alimentent de charbon tous les générateurs de la région et concurrencent à 2000 kilomètres dans le Sud les charbonnages du Natal. Fortes de leur situation, peut-être aussi contraintes par des conditions d'exploitation onéreuses, elles n'ont répondu aux demandes de coke de l'Union minière qu'à des prix supérieurs à ceux de l'Europe, et, à l'heure actuelle, un agent maritime d'Anvers expédie à l'Etoile du Congo des cargaisons entières de coke européen.

Ce fait est caractéristique. Il démontre, en même temps que l'étroite interdépendance des diverses parties du marché mondial, la faiblesse industrielle de l'Afrique du Sud, lorsqu'elle entre en compétition avec les producteurs européens. Le commerce des produits manufacturés en donne un autre exemple. Colonie d'une nation manufacturière, l'Union sud-africaine a trouvé en Europe, et surtout dans la métropole, tout ce qui lui manquait, à moindre prix qu'elle ne l'eût produit elle-même. Des brasseries, des moulins à farine, quelques manufactures de tabac, de biscuits, de céramique, une douzaine de savonneries, c'est, en dehors des mines, à peu près tout ce que compte l'industrie, et, malgré les faveurs officielles, ce n'est pas assez pour alimenter le marché local. Le reste, c'est-à-dire la grande majorité des articles ouvrés, les rails et traverses, les machines, l'outillage des ateliers, les tissus et les couvertures, les glaces, les verres, les fers émaillés, etc., viennent d'outre-mer, du Royaume-Uni, d'Allemagne, des États-Unis, de Belgique aussi. Sur le vaste marché de l'Union, d'une puissance d'acquisition annuelle de 680 millions, sur celui beaucoup plus restreint de la Rhodésie (40 millions seulement), le Royaume-Uni s'arroge, bien entendu, la part la plus grande, 58 %. La communauté de langue et de pavillon, le nombre de maisons de commerce et de banques britanniques suffisaient ; les idées impérialistes y ont fait ajouter, lors de la convention douanière de 1903, un régime de faveur de 3 % en moyenne ad valorem. En Rhodésie, depuis 1898, les droits de douane, prélevés sur les marchandises anglaises, ne peuvent dépasser ceux dont elles étaient frappées à cette époque dans la Colonie du Cap. Néanmoins la part des importations étrangères reste sérieuse. L'Allemagne a importé en 1909 pour 65 millions de francs, soit près du 1/6 des importations anglaises (9,01 % du total) ; les États-Unis l'ont suivie

de près (8,02 %), et la Belgique, qui vient au cinquième rang des nations manufacturières, accuse près de 11 millions de francs, en augmentation de 50 % sur le chiffre de l'année antérieure. Encore ce chiffre devrait-il être grossi de toutes les marchandises belges qui, à la faveur d'un transit par l'Angleterre, sont importées sous étiquette étrangère. Pour ne donner qu'un exemple, un ordre de 400 000 couvertures a été donné récemment dans ces conditions à une fabrique belge. Onze millions, 1,57 %, cela ne paraît guère, mais c'est presque la totalité de ce qu'achète le Haut Katanga, les services publics exceptés, et rien ne rend plus palpable l'erreur où ont versé les pessimistes. Si la Belgique a pu, à peine représentée, et malgré des droits protecteurs, se créer en plein territoire britannique un marché égal à celui qu'elle dispute au Katanga, comment se laisserait-elle évincer chez elle ? Le nombre d'articles qui rentrent dans la première des trois catégories que nous avons distinguées, ceux que l'Afrique du Sud produit et que l'Europe ne possède pas, est restreint. La lutte pour conquérir le marché privé du Katanga n'est pas, sauf sur le terrain agricole, engagée entre producteurs ; non, elle se circonscrit au négoce, elle met aux prises vieilles maisons anglaises qui, par prolongement, sont venues s'installer au Katanga, et jeunes firmes belges. Toutes les grandes maisons de l'Afrique du Sud et de la Rhodésie s'approvisionnent en Europe, en Belgique ou à ses portes. Et dès lors le problème se transforme, l'équilibre se rétablit, la concurrence est possible. Elle l'est d'autant plus, que les principaux consommateurs dépendront directement ou indirectement de ces grandes sociétés minières à prépondérance belge, que le gouvernement a eu la sagesse de constituer, avant d'ouvrir ses territoires à la prospection libre.

C'est pour signaler ces faits trop peu connus, c'est

pour susciter des initiatives nouvelles que, en janvier dernier, M. Renkin, Ministre des Colonies, avait convoqué les Présidents des principales Chambres de commerce du royaume dans son cabinet. La réunion porta des fruits : depuis cette date, diverses maisons de commerce belges ont été créées pour faire le négoce au Katanga.

Quel doit être leur programme ? Je devrai entrer ici quelque peu dans la technique commerciale. Je n'en dirai que l'indispensable. Tout d'abord, une organisation rationnelle s'impose. Les commissionnaires exportateurs, ce trait d'union entre les marchés d'outre-mer et les fabricants européens, manquent en Belgique. Il faut les créer. Leur méthode ne devra pas différer de celle des grands organismes qui de Londres, d'Hambourg et de Paris, rayonnent dans les deux Amériques, l'Afrique du Sud, le Levant et l'Extrême Orient. Le commissionnaire exportateur reçoit les commandes et, moyennant commission, les transmet à l'industriel qui les exécute d'après les indications reçues. Ce dernier est généralement payé à court terme par l'intermédiaire, qui, par contre, consent à l'acheteur d'outre-mer un crédit étendu. Le commissionnaire diminue ses risques en acceptant des produits en consignation, en gardant d'étroites relations avec ses filiales et en limitant son activité à une région déterminée.

En l'espèce, le Katanga ne saurait suffire. L'extension du marché est une condition de succès. On a prétendu que le fait d'avoir accordé de grandes concessions minières avait restreint le marché et l'on a fait un parallèle entre ce régime et celui du Transvaal. L'activité commerciale de Johannesburg tient à d'autres facteurs. Parties toutes deux de la petite propriété minière, des « claims », Johannesburg et Kimberley en sont également venues au régime de la grande industrie et cela parce que la concentration industrielle

est un phénomène économique universel et inéluctable. Il est une première différence à l'avantage du Katanga, c'est qu'il y sera arrivé sans les crises et les folles spéculations du marché des mines d'or. Il en est une seconde : ces grandes sociétés à prépondérance belge avaient de la capacité de nos ateliers une connaissance que n'eussent pas eue les prospecteurs étrangers, elles n'ont pas commandé ailleurs ce qu'elles pouvaient trouver chez nous à moindre prix. Il existe aujourd'hui au Katanga des usines outillées par des Belges, et que plus d'un propriétaire du Rand apprendra à connaître pour son profit. Ce n'est qu'en agissant par la haute banque et la grande industrie que l'Allemagne a réussi à obtenir l'énorme travail de l' « électrification » du Rand.

Le secret de la plupart des maisons de commission est d'obtenir des manufacturiers de grands rabais, par l'importance de leurs commandes qui, parfois, portent sur plusieurs années de fabrication. Les maisons de Johannesburg et de Bulawayo, les premières surtout, ont toujours en magasins des stocks considérables, constitués aux époques où le bas prix de la marchandise et le marché des frets leur permettaient de le faire avec avantage. C'est au cœur qu'il faut porter la lutte. L'Union sud-africaine est une première région économique d'une capacité d'achat annuelle de 680 millions. Son pôle est Johannesburg, siège des banques, du commerce et de la grande industrie. La Rhodésie et le Haut-Katanga en sont une autre qui peut importer chaque année pour 70 millions de produits, et dont Beira, Bulawayo et Élisabethville sont les clefs. C'est dans ces centres que doivent s'installer les filiales, c'est à ce marché de 150 millions de francs qu'elles doivent s'attaquer. Au Katanga, comme dans les possessions britanniques, elles devront créer dans les centres distributeurs des magasins généraux, diversement com-

pris et approvisionnés suivant les localités. Elles porteront leur effort sur le commerce de gros, recherchant la clientèle des maisons de demi-gros et des détaillants, évitant le formalisme, consentant libéralement des crédits (1). Il est temps, à ce propos, de réagir contre une idée qui commence à se faire jour en Belgique : celle de vouloir réserver à nos nationaux le commerce de détail. Au Katanga, comme en tout pays, le détaillant doit être d'une classe qui vit très près de sa clientèle, qui partage son existence journalière. Le petit trafiquant syrien ou grec, sans biens, sans besoins, vivant comme le noir et n'ayant pour toute fortune que la pacotille enfermée dans sa balle, a envahi tout le Soudan anglo-égyptien et l'Afrique française. Après l'avoir combattu, les factoriens ont trouvé plus sage de se l'associer, et cette application de la division du travail a été fructueuse. Il pénètre aujourd'hui au Katanga viâ l'Afrique du Sud. Laissons l'y entrer. Laissons-le suivre par l'Hindou, cet autre gagne-petit, qui, en faisant pénétrer la marchandise européenne dans les villages reculés où le blanc n'irait pas, étend, lui aussi, le marché. Laissons-les semer des besoins chez les noirs ; ils contiennent en germe le travail. La civilisation en naîtra.

Le grand obstacle au commerce belge, c'est la distance. Commercialement on peut supprimer la distance, ou du moins on peut la réduire en agissant sur les deux chiffres où elle se reflète : prix du transport et cours du change.

Le prix du transport comporte les douze mille kilomètres de fret de mer, les deux mille kilomètres de voie ferrée et l'onéreux transbordement à Beira. Si l'on

(1) Une seule des maisons créées en suite de la conférence des Chambres de commerce provoquée par M. Renkin vise à réaliser intégralement ce programme. Elle crée simultanément un comptoir dans l'Union sud-africaine, à Beira et à Élisabethville.

n'aura guère d'action sur le second avant l'achèvement de la ligne belge vers Boma, il faut noter que les tarifs actuels sont uniformes pour tous, Belges ou Anglais. Le prix de la manutention à Beira pourra être réduit, si, comme il est probable, une ou plusieurs des filiales belges projetées y créent une agence d'expédition et de dédouanement. Quant au fret de mer, il est susceptible de combinaisons variées et parfois très avantageuses, où l'habileté professionnelle joue un grand rôle. Si les lignes régulières de l'Afrique du Sud sont groupées en une « conférence », qui tient à un taux élevé le cours des frets, il arrive fréquemment que de nouvelles lignes se créent et que, pour une courte durée, le temps de discuter avec le trust les conditions de leur absorption le plus souvent, elles consentent des frets réduits. Il faut aussi prévoir les guerres de tarifs, comme celle qui mettait aux prises, il y a quelques mois à peine, l'*Union Castle* et la *Deutsch Ost-Afrika Linie*, puis encore — chose courante — les transports faits par les lignes syndiquées au-dessous des tarifs convenus, enfin les navires irréguliers, les « tramps » dans l'affrètement desquels les courtiers maritimes d'Anvers sont passés maîtres (1). Ce dernier mode, le plus économique, requiert de gros chargements, et c'est une raison de plus pour nos négociants de faire déborder leur activité au delà des frontières de la colonie.

Ce n'est pas la dernière. Les comptoirs belges des possessions britanniques pourront accessoirement, à côté des banques, traiter une partie des opérations de change qu'entraîneront les affaires commerciales. On a fait souvent le procès de nos banques, on a dit le faible secours dont elles furent pendant longtemps à notre commerce d'exportation et on leur a donné en

(1) *Le port d'Anvers*, par E. Dubois et Theunissen, Rev. des Quest. scient.

exemple les grandes banques allemandes d'outre-mer. La comparaison manque de justesse. Sans insister sur les différences essentielles que présente l'organisation économique de l'Allemagne et de la Belgique, disons que la situation est en voie de s'améliorer dans notre pays. Déjà une banque belge s'est constituée à Londres pour canaliser le considérable courant monétaire — onze milliards — qui va et vient entre la Belgique et l'Angleterre. La Banque du Congo belge, réunissant les principaux groupes financiers du pays, a pris position aux deux portes de la colonie : Matadi et Élisabethville. Elle a obtenu du gouvernement le service de caisse de l'État et le privilège d'émission des billets. Déjà elle se charge des opérations les plus courantes à des taux encore élevés sans doute, mais que viendra niveler à un taux plus normal le courant régulier des affaires. Deux grandes banques sud-africaines, qui viennent d'installer une agence à Élisabethville, une troisième qui s'y prépare, y contribueront. Établissement de crédit colonial à Bruxelles et en Afrique, banque sœur au cœur financier de l'Afrique australe, à Londres ; plus tard, sans doute, une chaîne d'agences intermédiaires ; aujourd'hui déjà deux banques étrangères pour donner à la nôtre l'aiguillon de la concurrence : voilà de favorables prémisses. Crédit local et crédit d'outre-mer, circulation fiduciaire entre la métropole et la colonie s'ébauchent. Il serait prématuré d'aventurer aucune conjecture sur le détail, mais, à organisation et à habileté professionnelle égales, il semble qu'au point de vue des changes l'avantage du négoce londonien sera minime.

Il ne nous appartient pas de nous étendre sur le rôle des pouvoirs publics. Bornons-nous à dire qu'ils peuvent seconder l'initiative privée : une bonne législation commerciale, une réglementation large du commerce, l'organisation des warrants des entrepôts, des

bureaux d'informations et des institutions de conditionnement, des conventions maritimes facilitant les relations d'Anvers avec la colonie, l'échange du privilège d'émission des billets contre des facilités de circulation monétaire ou fiduciaire, tout cela est l'œuvre d'hier ou de demain. Il n'est pas jusqu'au terrain international où le gouvernement ne puisse intervenir. Si le Congo est, au point de vue douanier, lié par l'Acte de Berlin, la Belgique conserve la liberté de ses tarifs, et le fait qu'elle est un des meilleurs clients de l'Afrique australe — le second, l'Angleterre exceptée — qu'il entre chaque année à Anvers pour quinze millions de laine et de maïs du Cap, soit le tiers de l'exportation de ce pays, pourrait être utile, soit pour défendre nos produits contre des mesures de protection excessives, soit pour obtenir, en leur faveur, le régime de la nation la plus favorisée, le jour où les tendances autonomistes de l'Union sud-africaine la conduiraient à déroger au régime préférentiel accordé au Royaume Uni.

En résumé, des considérations qui précèdent, il résulte :

1° que l'étude du commerce du Katanga ne saurait se faire indépendamment de celle du commerce sud-africain ;

2° que, toute considération de frontière mise à part, — il n'y aura jamais de droits protecteurs au Congo — le Haut-Katanga fait, avec la Rhodésie, un marché d'une capacité d'achat annuel de 70 millions environ ;

3° que plus au Sud et en liaison avec le premier, se trouve un second marché d'une importance décuple, celui de l'Afrique australe ;

4° que ces marchés, bien pourvus de denrées agricoles, manquent de produits métallurgiques et manufacturés et les achètent indifféremment en Europe et aux États-Unis ;

5° que les transports d'Anvers au Katanga se font au même taux que dans les ports anglais ;

6° que le change paraît devoir être un peu plus favorable pour ces derniers ;

7° que la protection douanière accentue cet avantage de 3 °/₀ en moyenne dans la partie britannique de ces marchés ;

8° que néanmoins les produits belges pénètrent dans cette partie en quantité déjà notable, et en progression de 50 °/₀ d'une année à l'autre ;

9° que, dans la partie belge, le Katanga, la communauté de pavillon et la nature des besoins correspondant précisément aux facultés productrices de la métropole, donnent à ses produits un avantage sérieux.

La conclusion découle d'elle-même. L'avance prise par le négoce anglais était inévitable, elle était passagère, elle appartient déjà au passé. Ce négoce jouera toujours un rôle dans le Sud de notre colonie, il y a toujours interpénétration et interdépendance économiques entre deux pays contigus, mais la prépondérance est nôtre : les importations du Katanga sont et resteront belges, comme son gouvernement.

Le rattachement au réseau sud-africain a agi comme un stimulant sur nos nationaux en Afrique australe ; il a multiplié pour eux les occasions d'aborder ces vastes débouchés ; pour les Anglais et les Afrikaanders, celles de mieux apprécier les produits de notre industrie. La statistique en révèle déjà les effets ; elle les confirmera avant longtemps. Le régime du libre échange obligé, sous lequel la Belgique vit au Congo, démontrera une fois de plus la supériorité de la doctrine de collaboration économique sur la doctrine de l'isolement.

Ces prévisions se réaliseront d'autant mieux que se multiplieront les initiatives de nos compatriotes, et c'est à elles que M. le Ministre des Colonies s'adressait

lorsque, dans le discours à la Chambre de Commerce de Bruxelles, dont nous citions un passage en commençant, il disait :

« Le commerce de notre pays doit être un des agents les plus actifs de la civilisation, et à son développement est attaché l'avenir de la Colonie. Nulle part nous n'avons plus besoin de commerce et de commerce libre qu'au Katanga. Mais la liberté ne suffit pas, il faut savoir en user, et derrière la liberté il doit y avoir l'énergie des l'initiatives, les volontés opérantes. »

FERDINAND GOFFART.

ESQUISSE

D'UNE

ÉDUCATION DE L'ATTENTION (1)

(Suite et fin)

III

LA MESURE DE L'ATTENTION

Pour faire réellement l'éducation de l'attention, pour renforcer celle-ci dans son ensemble, rendre aisée l'orientation de l'esprit, augmenter l'effet utile de l'attention soit périphérique, soit centrale, soit sensitive, soit motrice, il faut de toute nécessité pouvoir mesurer, avec une précision suffisante, non seulement l'effet produit dans chaque effort intellectuel, mais encore connaître exactement la force de l'attention de tous les sujets que l'on se propose de soumettre à des exercices d'entraînement. Il faut savoir exactement ce que peut donner chaque sujet, non seulement en mesurant le rendement de son attention considérée en bloc, mais, en déterminant le maximum d'effet que peuvent produire et son attention centrale et son attention périphérique, sensitive ou motrice, voir laquelle ou les-

(1) Voir la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 3e série, t. XX, 20 juillet 1911, p. 151.

quelles de ces formes d'attention sont prépondérantes, lesquelles au contraire sont inférieures. En d'autres termes, il faut mesurer l'attention en bloc, et chacune de ses formes particulières chez tous les élèves auxquels dans une classe on prétend imposer une éducation rationnelle, systématique, orthopédique de l'attention. Il faut renouveler ces mensurations fréquemment dans le cours des exercices d'entraînement, afin de s'assurer si ces derniers produisent l'effet utile qu'on en attend. Voilà une première raison qui doit engager tout professeur à prendre une connaissance exacte et précise du pouvoir d'attention, de la nature spéciale de l'attention de chacun des élèves qui lui sont confiés. Il en est une seconde non moins importante.

Bien à tort, dans la pédagogie classique, on impose un programme uniforme à tous les enfants de la même division. Bien entendu, cette égalité dans la tâche imposée n'est qu'apparente. En fait, un nombre plus ou moins considérable d'élèves se soustraient tout naturellement à une partie parfois considérable de la tâche imposée. Que le programme des matières à enseigner soit uniforme et approprié à la force moyenne des élèves d'une classe donnée, on n'y saurait contredire. C'est là un pis-aller dont souffrent à la fois et les très bons et les très médiocres écoliers, pis-aller, actuellement du moins, inévitable. On améliorera la situation actuelle d'autant plus rapidement qu'on créera davantage des classes pour anormaux d'une part, pour surnormaux d'autre part. Un maître intelligent pourrait même avec le régime courant remédier au mal consistant dans la suppression effective, faite par les mauvais élèves, d'une partie du programme imposé. Il pourrait du moins atténuer dans une certaine mesure les résultats désastreux de cette suppression arbitraire. C'est l'écolier paresseux, parce que plus faible intellectuellement, qui dans les devoirs, les leçons, coupe au

hasard. Si le maître connaissait avec précision la force d'attention de chacun de ses élèves, il pourrait approprier davantage à cette force individuelle les tâches imposées ; alléger les devoirs, les leçons, les réduire au strict nécessaire, à l'essentiel. Il vaut mieux, à tous les points de vue, pour l'élève, savoir bien certaines données élémentaires, que de connaître mal toutes les données que l'on enseigne en classe. Un médecin préfère voir son dyspeptique se nourrir légèrement mais effectivement de lait et d'œufs, que de lui donner chaque jour une indigestion d'aliments carnés.

Un instituteur peut dire de ses élèves : tel sujet est attentif, tel autre est distrait. Mais il ignore jusqu'où le sujet peut pousser ses efforts d'attention, il ignore si l'attentif est un central ou un périphérique, un visuel, un auditif, un moteur. Il ne connaît pas mieux les distraits. Or les uns et les autres, les attentifs concentrés, repliés sur eux-mêmes et les rêveurs d'une part, et d'autre part les attentifs sensoriels et les esprits légers papillonneurs, comme nous les appelions tantôt, ne doivent pas du tout être traités de la même façon. Sur chacun de ces types, le maître peut avoir prise, mais à condition d'employer des méthodes différentes.

Comment déterminer avec exactitude l'intensité naturelle, spontanée de l'attention chez un sujet donné ? Comment définir les formes sous lesquelles l'attention atteint chez un sujet son maximum de puissance ? Comment, en un mot, faire l'analyse qualitative et quantitative du pouvoir d'attention des écoliers ?

Tout d'abord il faut établir une division générale.

On distingue, dans la mesure de l'attention, d'une part la détermination directe du rendement de la faculté, d'autre part l'intensité des modifications organiques qui accompagnent tout effort d'attention, et sont d'autant plus marquées que celui-ci est plus intense. La première espèce de détermination constitue une mesure

directe de l'attention, la seconde au contraire une mesure indirecte. Cette dernière ne peut se faire qu'au laboratoire, au moyen des méthodes scientifiques précises que seul un expérimentateur entraîné pourra utiliser. Elles consistent essentiellement à enregistrer les modifications produites dans la tonicité des muscles, dans la vitesse des battements du cœur, dans l'augmentation ou la diminution de la pression sanguine, dans les modifications des rythmes respiratoires, etc. Nous considérons comme inutile de nous appesantir ici sur ces mensurations indirectes.

Quant aux mensurations directes, déterminant la puissance de l'attention par le rendement de l'effort imposé, elles sont de deux sortes, les unes sont psychologiques, comportent l'emploi des méthodes usitées dans les laboratoires de psychologie expérimentale. et exigent des connaissances, un doigté spécial qui les rendent particulièrement délicates. Les autres sont pédagogiques. Nous entendons par là qu'elles sont facilement applicables dans les classes parce que d'une part les tests employés sont des exercices scolaires, ou des exercices analogues, parce que d'autre part leur simplicité relative les rend utilisables par des maîtres intelligents et dévoués qui voudraient avec bonne volonté et zèle en tirer les conclusions approximatives qu'elles comportent.

Toutes ces méthodes directes, aussi bien les psychologiques que les pédagogiques, mesurent essentiellement la force de l'attention, soit périphérique, soit centrale, soit sensitive, soit motrice, par deux caractères de l'activité imposée : sa vitesse et sa correction. Dans presque toutes les méthodes courantes on néglige plus ou moins la vitesse pour ne tenir compte que de la correction ou plus exactement de l'incorrection, mesurée par le nombre de fautes commises. Or cette façon de procéder rend la détermination du degré

d'attention particulièrement difficile, rien n'étant plus arbitraire que l'estimation de la valeur relative des diverses sortes de fautes et notamment des fautes d'inattention.

Il va sans dire que, dans les déterminations dont nous allons donner une idée, il ne sera question de mesurer que la seule attention active, volontaire. Aussi bien c'est celle-ci seule qu'il convient de cultiver à l'école.

On peut mesurer chez un sujet l'attention en bloc, par le rendement global des efforts d'attention, ou en détail, en mesurant à part chaque sorte d'attention. Il existe, comme nous l'avons montré, deux espèces générales d'attention, dont le développement prépondérant détermine deux types d'écoliers : l'observateur, le réfléchi. Le premier porte plus volontiers ses efforts d'attention sur les impressions recueillies dans le milieu ambiant, le second se concentre, se replie sur lui-même et s'intéresse surtout aux produits de ses sensations, de son imagination, aux représentations internes, aux émotions, aux élaborations des impressions acquises. Il importe de connaître et pour cela de mesurer chez chaque élève d'une classe la force de l'attention centrale, la force de l'attention périphérique. C'est seulement sur cette force connue que le maître devra se guider pour approprier son enseignement à chacun de ses élèves, c'est en mesurant l'attention centrale et périphérique qu'il sera capable de combattre efficacement les distractions qui mordent sur tel sujet et celles qui sollicitent tel autre. Car comme il y a deux sortes d'attentifs, les observateurs et les réfléchis, il existe également deux types de distraits, les rêveurs, et ceux que, faute d'un meilleur terme, nous appelons les papillonneurs : les premiers absorbés par leurs rêveries, les seconds voltigeant d'une impression à l'autre, perpétuellement attirés par ce qui brille,

ce qui chante, ce qui bouge. C'est enfin en mesurant avec précision chacune de ces attentions actives que le maître constatera quelle sorte d'activité il convient d'imposer spécialement à chaque sujet pour renforcer chez lui le côté faible, pour amener un accroissement graduel et de l'attention centrale et de l'attention périphérique.

Comment mesurer chez un sujet donné l'attention active périphérique ? — Les principales formes de l'attention périphérique, celles qui interviennent le plus couramment dans la vie en général et dans la formation scolaire en particulier, sont les attentions visuelle, auditive, motrice.

a) *L'attention visuelle.*

On la mesure couramment dans les laboratoires et par la méthode des temps de réaction, et par les méthodes de détermination de l'acuité visuelle. Dans les classes on peut mesurer l'attention visuelle d'une façon moins précise qu'au laboratoire, par la vitesse et la correction de certains exercices visuels imposés.

Un des procédés pédagogiques les plus simples consiste à faire barrer toutes les lettres pareilles d'un texte imprimé, tous les *a* par exemple, tous les *t*, les *r*, etc.

Deux éléments interviennent dans de pareils exercices, deux composantes : la correction, la durée, dont la résultante mesure le degré relatif d'attention.

Supposons une classe composée de quarante élèves. On les prie de barrer le plus rapidement possible tous les *a* d'un texte de vingt lignes.

Supposons que dans le texte choisi il y ait en fait quarante fois la lettre *a*.

Admettons que sur les quarante élèves de la classe cinq aient barré tous les *a* sans en omettre un seul, et que ces cinq élèves aient terminé l'exercice absolument

correct l'un en trois minutes, deux autres en trois minutes quinze secondes, les deux derniers en trois minutes vingt secondes. Il sera facile de classer au point de vue de l'attention ces cinq premiers sujets. Tous ont fait un exercice correct, ils ne diffèrent entre eux que par le temps qu'ils y ont mis. On classera naturellement premier celui qui aura terminé au bout de trois minutes, — encore agira-t-on avec un certain arbitraire comme nous verrons tantôt — seconds *ex æquo* les deux élèves qui ont fait l'exercice en 195 secondes, troisièmes ceux qui ont mis 200 secondes.

Supposons maintenant que parmi les trente-cinq élèves restants cinq aient commis une seule faute, et que l'un de ces cinq sujets ait terminé son travail en trois minutes comme le premier de tout à l'heure.

Sans doute ce sujet, ayant commis une erreur, doit être placé après l'autre qui, ayant mis exactement le même temps, n'a pas commis d'erreur. Mais faut-il le classer avant ou après les deux élèves qui ont fait un travail correct en y consacrant vingt secondes de plus ? En d'autres termes, de quel accroissement de durée une faute sera-t-elle l'équivalent ? Du moment que l'on mesure l'attention par deux fonctions à la fois, il est nécessaire de connaître la valeur relative de chacune de ces fonctions mêmes ?

Pour éviter l'inconvénient considérable résultant de cette indétermination, nous opérons de façon à supprimer complètement l'une des composantes. Dès lors, le degré d'attention ne se mesurant qu'aux variations d'un seul facteur, il devient aisé de classer les réponses devenues comparables.

Nous opérons donc comme suit :

Les élèves ayant devant eux le texte imprimé sur lequel ils vont opérer, — la feuille retournée — on leur annonce qu'ils auront à barrer les *quarante a* qu'il renferme. A un signal donné tous les sujets retournent

la feuille et commencent à barrer les *a* à partir de la première ligne. Ils comptent intérieurement. Si arrivés au bas de la page ils trouvent le total exact annoncé, quarante, leur travail se trouve parfait dès la première lecture. Ceux qui, arrivés au bout du texte, n'ont barré que trente-cinq *a*, recommencent. D'aucuns, les moins attentifs, recommenceront deux, trois, voire quatre fois.

De cette façon on ne compare entre eux que des exercices corrects, différant par la durée seule, d'où une mesure beaucoup plus précise. Cette durée mesure-t-elle *exactement* les différences du pouvoir d'attention d'un sujet à un autre? Nous ne le pensons pas. Divers facteurs interviennent qui ne dépendent pas de l'attention : la vivacité naturelle des gestes et en particulier des gestes scripteurs, l'émotion, le dépit chez ceux qui doivent recommencer plusieurs fois. Aussi ne nous contentons-nous pas de cette seule sorte d'exercice pour mesurer l'attention. D'autres exercices mesurent l'attention périphérique en supprimant l'élément durée. On peut en effet donner un texte de vingt lignes contenant quarante *a*, et laisser aux sujets un temps relativement court, égal pour tous, une minute par exemple. Dans ce cas l'attention se mesure par le nombre total des *a* barrés sur les quarante ou par le nombre de lignes *correctement* barrées dans le temps donné.

b) *L'attention auditive.*

Un exercice fort simple, analogue à ceux qui servent à mesurer l'attention périphérique visuelle, est le suivant : le maître lit lentement et régulièrement d'une voix monotone un texte d'une longueur donnée. Les écoliers sont invités à compter dans ce texte tous les *a*, tous les *r* ou telle autre voyelle ou mieux consonne choisie indiquée à l'avance. Il vaut mieux choisir une consonne parce que les voyelles, certaines surtout,

entrant dans la composition des diphtongues, — ainsi *a* dans *je vais* — n'ont plus dans ce cas le son propre qui les caractérise. On peut en dire autant de certaines consonnes, l'*n* par exemple qui se nasalise dans telle syllabe, se fusionne dans une consonne voisine dans d'autres syllabes, et par contre se prononce nettement ailleurs.

L'exercice se fait dans les conditions suivantes : le maître prévient les élèves qu'il va dire lentement un texte, que dans ce texte ils auront à compter tous les *t* par exemple, puis au signal donné chaque écolier ferme les yeux pour éviter les distractions visuelles, concentre toute son attention sur les phrases prononcées, et comptera, au fur et à mesure de leur audition, tous les *t* qui retentissent à son oreille.

Chacun notera — aussitôt l'exercice terminé — le nombre de *t* entendus.

Ici le temps est uniforme et identique pour tous les sujets, le facteur vitesse est par conséquent éliminé dans la mesure de l'attention périphérique auditive. Il ne reste que le facteur correction. Or comme dans cet exercice les fautes sont uniquement des fautes d'inattention, dans lesquelles l'ignorance n'intervient pour rien, on mesure directement l'attention auditive pure. Tous les sujets ayant forcément fait l'exercice dans le même temps, rien de plus simple que de classer les élèves d'une division au point de vue de l'intensité relative de leur attention auditive.

Dans de pareilles conditions on arrive à un classement pour ainsi dire adéquat, si bien entendu on prend la précaution d'éliminer l'action des facteurs d'importance secondaire — temps, fatigue, santé, dispositions du moment — par un nombre suffisant d'exercices faits dans des conditions identiques d'heure, de lieu, de circonstances diverses.

c) *L'attention motrice.*

Il faut envisager l'attention périphérique motrice sous ses deux aspects, passif et actif, c'est-à-dire lorsque l'attention se porte sur des mouvements perçus, et lorsqu'elle se porte sur des mouvements exécutés. Le premier cas se réalise quand nous concentrons notre attention sur les mouvements des corps étrangers et encore sur les déplacements partiels ou totaux de notre propre organisme sous l'action de moteurs autres que notre propre volonté. Le second cas est celui qui se produit toutes les fois que nous sommes attentifs à un mouvement que nous exécutons volontairement.

Un exercice simple mesurant l'attention motrice périphérique passive se fera dans les conditions suivantes : le maître annoncera aux élèves qu'il fera une série de gestes consistant en mouvements du bras. Ces mouvements nettement dessinés chacun à l'avance, et partant bien connus, seront, à un signal donné, exécutés suivant un plan que le maître se sera tracé et après des exercices préalables qui lui assureront la régularité et la sûreté de ses mouvements sériés. Avant de commencer l'exercice il préviendra ses élèves qu'ils auront à compter, dans la série complète, tous les mouvements d'une espèce. Sitôt la série terminée, chaque élève notera le nombre de mouvements convenus qu'il aura observés.

Ici, comme dans la mensuration de l'attention auditive, le temps étant identique, c'est par la correction seule que l'on mesurera l'attention relative des différents sujets soumis aux expériences.

Il faudra, dans ces exercices, observer les mêmes conditions générales que dans les précédents.

Pour ce qui concerne la mesure de l'attention périphérique motrice active, c'est le sujet lui-même qui exécutera les mouvements. Les expériences collectives

deviennent dans ces conditions extrêmement difficiles pour ne pas dire impossibles.

Chaque sujet devra être examiné à part, dans des exercices comparables entre eux comme difficulté et comme durée. L'attention périphérique motrice active se mesurera par les résultats mêmes des mouvements voulus : traits de longueur strictement égale, déplacements de leviers par pression uniforme de chacun des cinq doigts, etc., etc.

d) *L'attention périphérique complexe.*

Au lieu de mesurer séparément chaque espèce d'attention périphérique — mesure indispensable lorsque l'on veut efficacement renforcer chez un sujet donné celle des attentions qui est la plus faible — on peut vouloir connaître d'une façon générale la force d'attention périphérique considérée dans son ensemble et dans l'usage courant qu'en fait le sujet.

De pareilles expériences — qui ne constituent pas des mensurations — ont été faites pour établir notamment la valeur du témoignage. On fait inopinément entrer dans une classe, au cours d'une leçon, un chien, un chat, un homme masqué ou costumé, et l'intrus étant promptement expulsé, on prie chacun des écoliers de décrire sur une feuille à part la scène à laquelle il vient d'assister.

Dans certaines classes d'arriérés on a imaginé de déplacer chaque jour un des objets usuels de la salle. Les écoliers sont priés, après le début de la première leçon du jour, de désigner l'objet qui a été changé de place.

Ces expériences sont utiles, elles renseignent jusqu'à un certain point, mais ne sauraient donner aucune mesure précise du pouvoir d'attention des différents élèves ni par conséquent servir de base et de mesure à des exercices orthopédiques d'entraînement de l'attention périphérique.

La mesure de l'attention centrale, sensitive ou motrice, est naturellement plus difficile que celle de l'attention périphérique. Pour cette dernière on se sert de stimulants d'espèce comme d'intensité et d'étendue aisément déterminables. Quand il s'agit de mesurer l'étendue et la profondeur de l'attention sensitive centrale, par exemple, il est impossible de déterminer avec certitude quelles formes sensibles le sujet emploie en fait ou mieux dans quelle proportion exacte chacune des trois formes les plus importantes, visuelle, auditive, motrice intervient dans ses actes d'attention. Quand on prie un sujet de barrer tous les *a* d'un texte imprimé, il est naturel de supposer que c'est bien l'attention visuelle qui joue dans cet exercice le rôle principal. Il n'en va plus du tout de même lorsque le sujet est invité à compter les *a* d'un texte retenu. Voit-il ce texte, l'entend-il, le prononce-t-il intérieurement ? Comment le savoir ?

Partant on ne peut mesurer l'attention sensitive centrale — chez les élèves d'une classe tout au moins — que d'une manière générale et indéterminée. — Des sujets entraînés, examinés au laboratoire pourraient, en s'observant, faire des efforts d'attention centrale visuelle, auditive ou motrice, encore serait-on obligé de se fier entièrement à leur clairvoyance ; pareilles mensurations sont tout à fait irréalisables dans des expériences collectives.

L'attention sensitive centrale se mesurera donc par la vitesse et la correction des exercices imposés. Ceux-ci consisteront à compter aussi rapidement que possible un caractère donné dans un texte parfaitement assimilé, par exemple, une leçon de mémoire apprise immédiatement avant l'exercice, ou mieux un texte connu depuis longtemps et surtout un texte parfaitement connu dont la reproduction est pour ainsi dire auto-

matique. Tels seront l'alphabet, certaines fables, des proverbes, etc.

En se servant de l'alphabet on peut instituer les exercices suivants :

Compter le nombre des *traits droits verticaux* de l'alphabet imprimé en lettres majuscules.

Compter dans ce même texte les *traits droits horizontaux* ; les traits obliques ; les grands cercles, les demi-cercles, grands et petits.

Compter dans la fable « la cigale et la fourmi » le nombre de fois qu'intervient la lettre *a*, la lettre *d* ou telle autre à volonté.

Dans ces mensurations de l'attention centrale, il devient beaucoup plus difficile d'éliminer l'un des deux facteurs. On pourrait procéder comme il a été dit plus haut, dire aux écoliers : il y a dans l'alphabet imprimé en lettres majuscules dix-sept traits droits verticaux ; repassez intérieurement le texte jusqu'à ce que vous soyez parvenus à trouver ces dix-sept traits ; mais il sera parfois difficile de vérifier si en fait les sujets ont vu et compté les traits en question. On pourrait procéder de la sorte. Le maître annonce que l'on va faire un exercice d'attention ; il a soin de n'indiquer la nature exacte de cet exercice qu'une ou deux secondes avant le commencement de celui-ci — afin d'empêcher que les sujets profitent de la période de préparation pour commencer le travail. Il dira donc : retrouvez les dix-sept traits droits verticaux de l'alphabet imprimé en caractères majuscules. Sitôt que vous les aurez trouvés *tous*, reproduisez-les *dans l'ordre* de leur succession. L'intensité de l'attention se mesurera de cette façon par la durée seule. Pour pouvoir noter exactement le temps mis par chaque élève, le maître devra procéder en fractionnant son auditoire, opérant chaque fois sur un groupe de trois à cinq sujets.

Quant à la mensuration de l'attention centrale

motrice, elle est encore plus difficile que celle de l'attention centrale sensitive et plutôt du domaine des expérience de laboratoire. On pourra toutefois obtenir certains résultats par les exercices d'articulation intérieure.

Enfin toutes les mensurations de la fatigue intellectuelle sont en fait des mensurations de l'attention, mais de l'attention considérée en bloc, sans distinction des formes périphérique ou centrale, sensitive ou motrice intervenant plus ou moins dans l'effort d'attention.

Ces méthodes pédagogiques méritent qu'on s'y arrête, parce que d'aucunes sont en train de devenir tout à fait classiques. Parmi les procédés de mesure de la fatigue intellectuelle, citons quelques-uns des plus employés.

C'est d'abord la méthode des dictées dont nous avons parlé plus haut, celle dont se servent actuellement tous les pédagogues qui, ayant acquis quelque teinte de pédagogie expérimentale, rêvent d'innovations retentissantes. Leurs élèves font des dictées chaque jour ; rien de plus simple, semble-t-il, que de faire des mensurations de la fatigue et partant de l'attention par ce procédé courant.

On s'aperçoit bien vite que la méthode n'est pas simple du tout.

En effet, pour pouvoir mesurer la fatigue ou l'attention des élèves d'une classe avant et après une leçon, après tel exercice d'entraînement ou après tel autre, au début de l'année ou dans le courant de celle-ci, pour pouvoir tirer des *conclusions certaines* des résultats obtenus dans ces différents exercices, il faudrait *primo* que les dictées composées fussent *rigoureusement* de durée égale pour chacun des élèves examinés dans chaque circonstance différente. En d'autres termes, si l'on peut, si l'on doit admettre que, sur les quarante élèves d'une classe, les uns font l'exercice plus rapide-

ment, les autres plus lentement, il faut obtenir que, dans les exercices successifs, les élèves qui ont terminé les premiers dans l'exercice initial soient encore les plus rapides dans les exercices suivants ; que ceux qui ont mis pour écrire douze phrases 12 minutes, et ceux qui ont mis à ce même exercice 18 minutes, 24 minutes, mettent encore exactement le même nombre de minutes à écrire dans les exercices suivants — faits au moment où la fatigue doit être identique. Car si la vitesse varie on se retrouvera devant la difficulté, signalée plusieurs fois déjà, d'avoir à tenir compte, dans la mesure de l'attention, des variations de deux facteurs dont la valeur relative est indéterminée.

A supposer que l'on puisse opérer dans des conditions telles que chez chaque sujet la vitesse de l'exercice demeure constante, la correction seule étant variable, il faudra encore, pour pouvoir calculer la valeur de celle-ci, que la difficulté de chacun des exercices de dictée soit absolument, rigoureusement objectivement et subjectivement égale. Comment assurer une pareille égalité ?

En admettant que cela soit possible, comment le maître fera-t-il pour estimer avec précision la valeur relative de chacune des fautes commises ? On choisit généralement des dictées tellement faciles que les écoliers ne peuvent plus commettre, en les rédigeant, que des *fautes d'inattention*. Mais qu'est-ce exactement qu'une faute d'inattention ? Pour les négligents certaines fautes d'inattention ne sont pas des fautes.

On ne peut pratiquement tirer des conclusions de la méthode des dictées qu'en multipliant considérablement les exercices jusqu'à obtenir une résultante produite par un nombre de composantes tel que l'inégalité des conditions dans lesquelles se font les exercices disparaisse par compensations réciproques.

Il en va de même pour la méthode des calculs, des mensurations, etc.

Il nous paraît de loin préférable de mesurer en classe chacune des formes de l'attention des écoliers par les procédés simples que nous avons indiqués. De tels exercices donnent des indications rapides et bien autrement pratiques que les déterminations générales de l'attention considérée en bloc.

IV

LA CULTURE DE L'ATTENTION

Tout écolier est invité à faire de continuels efforts d'attention. Car c'est en proportion de l'intensité, de la profondeur, de l'étendue de cette attention qu'il recueillera les avantages de l'instruction qui lui est donnée. Chacun admet cette vérité : du matin au soir, dans toutes les classes retentit sans cesse le mot éperonnant « attention ! »

Or, ceux qui se figurent qu'il suffit de stimuler pour cultiver, d'appliquer d'une manière générale une activité dont on ne fait qu'apprécier le résultat en bloc. se trompent considérablement.

L'enseignement, et en particulier l'enseignement primaire, doit sans doute meubler l'intelligence des écoliers, il doit aussi la former, entraîner, pour les mettre à même de donner dans tout le cours de la vie du sujet le maximum de rendement utile, et l'attention, et l'imagination, et la mémoire, et l'intelligence et la volonté.

Il faut donc faire dans les classes la culture de l'attention, et non pas la seule culture qui convient pour l'acquisition de la science classique, mais la culture harmonieuse et générale de l'attention sous toutes ses formes. Cette dernière culture est d'autant plus nécessaire que l'enseignement donné dans les classes étant

essentiellement uniforme et tendancieux, détermine ici, comme dans tous les cas où l'activité imposée est spéciale, détermine, disons-nous, une certain déformation. Nous avons exposé ailleurs les défauts inévitables de tout enseignement (1). L'écolier apprenant à fixer son attention presque exclusivement sur des textes vus ou entendus, il faut, par des exercices orthopédiques, systématiques, développer son attention à la fois dans toutes les sortes d'activités.

Quand nous parlons de la culture, du développement de l'attention, il s'agit, bien entendu, de la forme spontanée volontaire de cette activité mentale, non de l'attention passive. Celle-ci ne doit pas être cultivée directement. Mais il faut chez chaque enfant développer, fortifier, assouplir l'attention volontaire, l'attention active.

Or, une pareille culture peut et doit se faire de deux façons, directement et indirectement.

On développe directement la faculté de faire attention :

a) en exerçant le sujet à vaincre les obstacles qui s'opposent à l'orientation choisie utile de son activité mentale. Ces obstacles sont les stimulations attrayantes, les distractions extérieures et intérieures, périphériques — couleurs vives, sons éclatants, mouvements variés — et centrales — émotions agréables, images préférées, etc. ;

b) en apprenant à l'enfant à diriger promptement et sûrement son attention sur ou vers l'objet que volontairement il a accepté de considérer, à passer aisément et directement de tel objet à tel autre dans l'ordre utile où cette transition doit s'accomplir ; à maintenir son attention soit sur des stimulations périphériques, soit sur des modifications centrales ; à appuyer selon qu'il

(1) *Premiers éléments de Pédagogie expérimentale*. Paris, Alcan, 1910.

est nécessaire sur celle de ces stimulations ou de ces modifications qu'il importe pour l'instant de placer au centre du champ de la conscience ;

c) en enseignant à l'enfant par des efforts gradués à donner à son attention ainsi orientée le maximum de profondeur ;

d) en l'exerçant à donner, à cet effort d'attention dirigée et portée à son maximum de profondeur, une étendue aussi considérable qu'il se peut.

On développe indirectement la faculté de fixer l'attention en entraînant l'organisme des sujets de façon à réduire au minimum les causes qui, dans l'effort d'attention, mettent cet organisme dans un état anormal, lequel état anormal, à mesure qu'il s'accentue, devient un obstacle direct de plus en plus effectif, jusqu'à rendre la prolongation de l'effort d'attention physiquement impossible.

Toute concentration de l'attention s'accompagne, comme il a été dit plus haut, de contractions musculaires, mais aussi et surtout d'inhibition de muscles, de perturbations plus ou moins profondes dans les fonctions circulatoire et respiratoire. Or, les divers organismes sont loin d'être contrariés également par l'orientation de l'activité volontaire. On conçoit d'emblée que les enfants surtout sont tributaires dans leurs efforts d'attention de la résistance organique. Accroître celle-ci, c'est accroître par voie de conséquence, c'est développer indirectement l'attention.

Culture directe de l'attention

La culture directe de l'attention, c'est-à-dire cet entraînement systématique développant dans l'attention active la résistance aux distractions, la faculté d'orientation dans un sens déterminé, l'accroissement de l'effort en profondeur et en étendue, cette culture est

générale ou spéciale, selon que les exercices accroissent le rendement global de l'effort d'attention, ou fortifient telle forme spéciale de l'attention centrale ou périphérique, motrice ou sensitive, visuelle ou auditive.

Les exercices généraux. — Ils sont imposés de temps immémorial, les uns aux écoliers dans les classes, les autres dans toute l'humanité à tous les enfants, et d'une façon plus générale encore, dans l'ensemble des êtres vivants à une grande catégorie d'animaux.

En effet, les exercices généraux développant l'attention active sont de deux sortes : l'enseignement, le jeu.

Nous avons déterminé ailleurs (1) les caractères que doit avoir un enseignement oral écrit ou démonstratif pour porter au maximum l'attention active des élèves ; nous connaissons les conditions qu'il faut exiger du local scolaire, du maître, des élèves pour réduire au minimum les stimulations distrayantes, porter au maximum l'effet utile des leçons.

Un enseignement fait dans de pareilles conditions, — et tout enseignement devrait être tel — ne contribuera pas directement à accroître l'attention des élèves : il aura tout au plus le résultat que toute activité normale prolongée a sur les organes harmonieusement exercés. Si dans un local mal défendu contre les bruits du dehors, agrémenté de multiples ornements attrayants, les élèves mal surveillés parvenaient à tirer profit d'un enseignement monotone et médiocrement ordonné, à coup sûr ils auraient par ce tour de force entraîné leur attention. Les quelques sujets exceptionnellement doués qui parviennent malgré tout à s'instruire dans une classe à tous égards mal faite, ont dans ces efforts constants non seulement meublé leur esprit, mais encore assoupli, approfondi, fortifié leur attention. Ces êtres exceptionnels parviennent à bénéficier dans des circonstances

(1) *Premiers éléments de Pédagogie expérimentale*, Paris, Alcan, 1910.

défectueuses. Nul ne songera pourtant à préconiser pour les sujets moyens ou médiocres, pour la grande masse des écoliers, un pareil procédé d'entraînement de l'attention. Les classes mal faites ne produisent sur la généralité des élèves que des effets médiocres.

Mais s'il ne peut être question d'organiser, comme exercice d'entraînement de l'attention, des leçons exigeant habituellement des efforts excessifs, rien ne s'oppose à ce que, de temps en temps, on institue des exercices d'entraînement, de courtes périodes de travail intensif. Celui-ci ne doit point devenir tel par la réalisation de conditions pédagogiques défectueuses ; il ne faut pas rendre le travail ainsi imposé plus difficile en lui-même, mais en accroître progressivement la vitesse.

On peut introduire l'habitude des exercices express. Une leçon, un devoir, un travail fait en classe dans un minimum de temps, les concurrents étant immédiatement classés sitôt l'exercice terminé, peuvent, de temps à autre, servir à stimuler les écoliers, à leur apprendre à bander leur attention au maximum. Les résultats d'exercices pareils, échelonnés le long de l'année scolaire, serviront à mesurer les progrès réalisés. La connaissance de ces résultats servira d'éperon aux sujets entraînés.

La seconde espèce d'exercice général d'entraînement de l'attention est le jeu ou plus exactement certains jeux.

Depuis quelques années surtout les psychologues et les pédagogues ont étudié le rôle des jeux dans la formation de l'enfant et dans celle du jeune animal. De nombreuses théories ont vu le jour tentant d'expliquer l'origine, la raison d'être, la nature, le rôle des diverses espèces de jeux ou du jeu en général.

Les uns ont voulu voir dans le jeu un simple délassement. L'enfant, disent-ils, joue parce qu'il est fatigué.

Que ce soit là la seule et constante raison d'être du jeu, personne ne pourrait raisonnablement le prétendre. Ne voyons-nous pas en effet des enfants jouer du matin au soir ? Les petites filles qui ont couché leur poupée le soir à proximité de leur lit, sitôt éveillées se hâtent de reprendre leur jouet familier. Et les jeunes chats jouant à attraper les bobines, est-ce pour se délasser qu'ils se livrent à ce sport ?

D'autres considèrent l'activité ludique comme une sorte d'exutoire permettant à l'organisme longtemps maintenu immobile de satisfaire enfin sa soif, son besoin naturel d'activité. — On sait que l'organisme humain, continuellement innervé par des stimulations sensorielles lesquelles doivent fatalement se terminer en contractions musculaires, sent s'accroître en lui ce besoin de mouvements. L'immobilité est une attitude anti-naturelle.

Dès lors, on comprend que des hommes condamnés à se tenir plus ou moins immobiles durant un exercice intellectuel et surtout des enfants obligés à la même attitude éprouvent au paroxysme ce besoin physiologique de contracter violemment leurs muscles. Le jeu ne serait que cette suractivité nécessaire rétablissant l'équilibre organique, et sans doute certains jeux du moins paraissent s'expliquer de cette façon. Il serait pourtant plus que téméraire d'affirmer que le jeu en général n'est que le résultat du besoin physiologique de mouvement, d'expliquer par ce besoin les jeux de cartes, de loto ou d'échecs !

Certains auteurs quelque peu subtils vont jusqu'à étendre cette explication — fonction exutoire — d'une façon particulière et un peu forcée : les jeux, disent-ils, sont des activités en régression dans l'espèce ; elles satisfont innocemment des tendances ataviques heureusement atténuées à travers les séries de générations successives. Ainsi l'enfant joue au voleur, à l'assassin,

satisfaisant ainsi d'une manière atténuée et inoffensive les instincts pervers que tout homme porte en lui, affaiblis chez l'homme normal, intacts seulement chez quelques sujets moralement arriérés. C'est là une théorie plus ingénieuse que sérieuse.

Enfin — et c'est surtout en étudiant les jeux en même temps et chez l'homme et chez les animaux que l'on arrive à cette conception — on considère l'activité ludique comme un entraînement, une préparation aux activités utiles qui se développeront pleinement chez l'adulte. Le jeune chevreau donne des coups de front pour se préparer à donner plus tard des coups de corne; le jeune chat joue à attraper la bobine pour s'entraîner à suivre et à saisir les souris.

Les jeux formatifs sont essentiellement des jeux d'adresse exigeant l'assouplissement de l'organisme, par exception seulement des jeux de force. Ces jeux d'adresse sont de deux catégories, il s'agit de surmonter des difficultés matérielles dans les uns, des difficultés intellectuelles dans les autres. Parmi les premiers citons les jeux de balle, de billes, et pour les filles le jeu de grâces ; parmi les seconds figurent tous les jeux exigeant des combinaisons, jeux de dominos, de dames, d'échecs. Ces derniers peuvent exiger une véritable étude, ils comportent la solution de problèmes de difficulté aussi grande que les problèmes de géométrie et d'algèbre.

Les causes réelles explicatives de l'attrait exercé sur les hommes et surtout sur les enfants peuvent se ramener à une seule ; on expliquera la raison d'être des jeux d'une manière générale en posant en principe que le jeu est essentiellement une *activité agréable*. Or une activité peut être agréable pour différents motifs : tantôt ce sera parce qu'elle délasse, tantôt ce sera parce qu'elle satisfait le besoin physiologique de mouvement de l'organisme ; d'autres fois ce sera parce que l'activité

ludique donne la satisfaction de surmonter des difficultés matérielles ou des difficultés intellectuelles.

Les deux premières formes de jeux constituent à proprement parler des récréations. Ils délassent parce qu'ils mettent le système nerveux à même de retourner à son zéro physiologique, ceux qui servent d'exutoire parce qu'ils déchargent le système neuromusculaire des stimulations trop nombreuses et trop intenses qui s'y trouvent accumulées. Pour constituer une récréation véritable, tout jeu doit être une activité dans laquelle l'attention demeure passive, ou tout au plus très légèrement active. Un travail léger *différent* repose d'un travail précédent. Les jeux récréatifs doivent être très largement accordés à tous les écoliers, et leur être rendus pleinement récréatifs, c'est-à-dire avant tout reposants et agréables. Voilà pourquoi il faut laisser aux écoliers le choix des exercices, la paix dans la liberté.

Les jeux dans lesquels le sujet se plaît à vaincre des difficultés, les jeux formatifs, doivent entrer pour une part considérable dans l'éducation de tous les enfants. Ils doivent dans l'enseignement proprement dit, à l'école, intervenir toutes les fois que l'on a affaire à des sujets chez lesquels l'attention est faible ou déprimée.

La forme jeu devrait être la seule méthode pédagogique employée pour les tout jeunes écoliers, pour les arriérés, pour les fatigués. Les leçons de l'après-midi devraient, les dernières surtout, se rapprocher autant que faire se peut de la forme ludique. Et l'activité imposée et utilement imposée aux enfants les jours de demi-congé, ne devrait-elle pas prendre l'aspect de jeux instructifs ?

Les exercices spéciaux.

Un apprenti virtuose qui jouerait tous les jours ses gammes durant plusieurs heures de suite, parviendrait sans doute à les rendre avec une vitesse croissante ;

mais, malgré tous ses efforts, il subsisterait toujours dans son jeu des inégalités. Elles résulteraient, ces inégalités, de la différence de force entre les muscles des cinq doigts. Le sujet pourra, en fixant son attention sur les sons produits, parvenir à atténuer la différence entre la sonorité des notes frappées par le quatrième doigt et le second, par exemple ; il parviendra bien plus sûrement à l'égalité parfaite s'il exerce indépendamment à part chacun des doigts plus faibles jusqu'à ce que, par un entraînement approprié et exactement compensateur, il ait fortifié et assoupli les muscles du quatrième doigt autant que ceux du second. Il en va tout à fait de même pour la culture de l'attention. Le sujet qui, soit par l'étude soit par le jeu, entraîne son attention en bloc, ne songera même pas à appuyer davantage sur l'attention centrale sensitive, par exemple, ou sur l'attention centrale motrice, ou sur l'attention périphérique sensitive ou motrice si ce sont ces dernières qui chez lui sont le moins développées.

Or les exercices spéciaux ont pour but de fortifier séparément par des entraînements gradués et mesurés chacune des formes élémentaires de l'attention d'un sujet, et cela en proportion de son infériorité, de sa faiblesse naturelle.

Nous allons décrire quelques exercices faciles à organiser qui permettront à tout pédagogue de développer sûrement et de façon à pouvoir contrôler, mesurer lui-même les résultats obtenus, chacune des formes élémentaires de l'attention active et en *profondeur* et en *étendue*.

Orthopédie de l'attention périphérique.

Il faut distinguer d'une part l'attention motrice, d'autre part l'attention sensitive. Quant à cette dernière, pour être complète, la méthode d'entraînement devrait s'adresser aussi bien à l'attention olfactive, gustative, tactile que visuelle et auditive ; nous nous contenterons

d'exposer la méthode à suivre pour fortifier l'attention visuelle, auditive, et visuelle-auditive. Pour les autres espèces d'attention on n'aura qu'à remplacer les stimulants visuels et auditifs par des stimulants gustatifs, olfactifs, etc., présentés dans des conditions analogues.

Pour développer l'attention périphérique sensitive visuelle en profondeur, on imposera un exercice d'application visuelle de durée graduellement décroissante. Par exemple, barrer les quarante *a* d'un texte imprimé dans des temps de plus en plus courts. La méthode à suivre a été exposée plus haut. Autre exercice : reproduire correctement des dessins de plus en plus compliqués lesquels ont été regardés chacun une seule fois durant l'espace de deux secondes.

Pour développer l'attention visuelle en étendue, on priera le sujet de barrer à la fois les quarante *a*, les trente-deux *t*, les vingt-quatre *e* d'un texte donné, dans le temps le plus court possible ; ou bien on lui fera compter — après coup — le nombre des points groupés en figures qu'il aura regardés durant un temps mesuré très court. On peut choisir des groupes de plus en plus compliqués.

On pourra — et c'est là un procédé excellent — aiguiser l'attention périphérique visuelle des écoliers en déplaçant chaque matin, avant la première leçon, — comme nous l'avons dit plus haut — un des objets du mobilier scolaire et en invitant les enfants à remarquer le changement intervenu.

L'orthopédie de l'attention périphérique sensitive auditive se fait d'après des procédés analogues. Pour développer cette attention en profondeur on emploiera la méthode décrite plus haut : le maître ou l'un des élèves lit uniformément à haute voix un texte d'une longueur convenable, les élèves doivent compter le nombre exact de fois que revient une voyelle ou mieux une consonne déterminée. Cet exercice, pour être utile

et vraiment formatif, doit se faire de plus en plus rapidement, mais l'accélération elle-même ne doit pas être arbitraire, elle doit être réglée de manière à ne pas nuire à la correction. On pourra encore développer l'attention auditive par des exercices plus simples : le maître énoncera des séries de syllabes dénuées de sens et composées chacune de deux lettres, les unes variant par les consonnes seules, les autres par les voyelles seules, et les fera répéter exactement. L'entraînement — qui porte d'ailleurs aussi sur la mémoire auditive — fera que les sujets pourront répéter correctement des séries de plus en plus longues. L'étendue croissante de celles-ci permettra de mesurer les progrès réalisés.

Pour développer l'attention auditive en étendue, on fera compter — après coup — des séries de sons extrêmement rapides, trop rapides pour qu'il soit possible de les compter au moment même où on les produit. Ici encore on procédera par séries graduellement croissantes.

L'entraînement de l'attention périphérique sensitive complexe à la fois visuelle et auditive en profondeur d'abord, se réalisera comme suit : pendant que le sujet barre les *a* d'un texte, on fait battre à une vitesse modérée un métronome, ou tout simplement, si le maître n'a pas à sa disposition de métronome, il donne toutes les quinze ou vingt secondes un coup de règle sur son pupitre. Les élèves sont invités à compter le nombre de battements du métronome ou des coups de règle entendus pendant le temps qu'ils ont mis à barrer exactement les *a*. Un exercice de ce genre est très facile à réaliser, et se gradue avec la plus grande aisance. On commencera par faire barrer une lettre dans un texte très court, trois lignes, par exemple, et de faire battre le métronome ou de donner des coups de règle très lentement. On pourra ensuite graduellement accroître

la difficulté et allongeant d'une part le texte imposé, en augmentant d'autre part la vitesse avec laquelle se succéderont les stimulations auditives.

Dans ces exercices complexes il faut commencer par les plus faciles, tellement faciles que les sujets puissent les faire correctement sans peine. Par exemple barrer quatre *a* dans le temps que l'on entend cinq battements de métronome ou coups de règle. Puis accélérer. C'est la vitesse qui mesurera l'entraînement acquis de l'attention. On imposera ensuite des séries de plus en plus compliquées en ayant soin de n'avancer que lorsque la rapidité naturelle, spontanée des exercices aura prouvé que la force d'attention s'est effectivement développée.

Pour instituer des exercices d'entraînement de l'attention sensitive complexe destinés à développer cette attention en étendue, on fera barrer dans un même texte plusieurs lettres, et on produira en même temps deux ou plusieurs espèces de stimulations auditives. Ou encore on priera le sujet de compter, parmi des stimulations auditives et visuelles, la première, la quatrième, la septième, la dixième et de dire parmi ces quatre stimulations retenues la proportion des visuelles et des auditives.

On peut, dans toutes les classes, faire des exercices très faciles, mais beaucoup moins efficaces que les précédents parce que non gradués. Ainsi on peut inviter les écoliers à noter sur une feuille de papier les noms de tous les objets vus en classe et de tous les bruits entendus (frôlements d'étoffes, bruits de chute, etc.) dans l'espace d'un quart d'heure.

L'orthopédie de l'attention périphérique motrice doit être faite sous une double forme et pour fortifier l'attention à la perception des mouvements subis, des déplacements des objets, des formes, dimensions et distances des objets, et développer l'attention aux mouvements voulus, exécutés, actifs.

Pour accroître l'attention motrice passive en profondeur on fera estimer exactement au sujet des distances courtes. Diviser une ligne de 10 centimètres en deux moitiés strictement égales, trois tiers, quatre quarts ; estimer des différences légères de poids, distinguer le poids immédiatement inférieur à un kilo, à 100 grammes, à 10 grammes. Pour développer cette attention motrice passive en étendue on fera estimer les rapports de longueur entre deux lignes, trois lignes, entre deux, trois, quatre poids.

L'orthopédie de l'attention motrice active se fera par des exercices gradués du genre de ceux que l'on nomme exercices d'adresse. Placer une pointe exactement au centre d'un cercle, viser de quelque façon que ce soit, constituent des méthodes excellentes.

Pour développer cette attention motrice active en étendue on imposera des exercices exigeant des mouvements parfaitement égaux exécutés avec des parties mobiles différentes ou par la même partie mobile à des moments différents. Par exemple appuyer de façon identique avec chacun des cinq doigts ; tracer des séries de lignes strictement pareilles.

Bien plus importante — au point de vue pédagogique du moins — est la culture de l'attention centrale.

Pour l'attention centrale sensitive, les sujets s'exerceront à compter, dans des temps de plus en plus courts, toutes les lettres pareilles, tous les traits verticaux, tous les traits horizontaux, d'un texte parfaitement connu par cœur et qu'ils se représenteront tantôt sous forme de caractères imprimés, tantôt sous forme de caractères écrits, tantôt sous forme de séries de sons. Dans ces exercices on aura soin de commencer par des textes très courts et de porter au minimum la vitesse requise. Puis on allongera et accélérera progressivement.

Les exercices précédents servant à développer l'attention sensitive centrale en profondeur, pour accroître celle-ci en étendue on fera compter non plus une espèce de lettres ou de traits, mais à la fois deux, trois ou plusieurs espèces.

Enfin pour développer l'attention centrale motrice d'abord sous sa forme motrice passive, on obtiendra le développement en profondeur en faisant calculer mentalement le nombre de mètres qui, placés bout à bout, équivaudraient à la longueur de la classe, à sa largeur, à telle autre dimension parfaitement connue. On développera cette attention en étendue en faisant calculer mentalement le rapport de la longueur de la classe à sa largeur, à la largeur du corridor, de la cour, etc.

L'attention centrale motrice se développera en profondeur par des exercices comme ceux-ci : calligraphier entièrement avec tous les détails graphiques — en imagination — la leçon de mémoire que l'on devra réciter tantôt ; réciter intérieurement avec les intonations voulues une texte parfaitement connu.

Pour développer cette attention motrice en étendue, on fera à la fois les deux exercices de calligraphie et de récitation. Pareille méthode, outre qu'elle aurait les meilleurs résultats au point de vue du développement de l'attention centrale, constituera un exercice excellent au point de vue pédagogique.

Les exercices spéciaux dont nous venons de donner une idée sommaire, en en citant quelques-uns parmi des centaines d'autres, et uniquement à titre d'exemple, ont tous un défaut : ils sont peu intéressants en eux-mêmes.

Pour remédier à cet inconvénient les maîtres avisés les imposeront à leurs élèves dans les conditions suivantes :

a) Ils seront intercalés — en guise de distractions — dans le cours des leçons et exercices habituels.

b) Ils seront très courts.

c) Ils serviront de stimulant à l'amour propre des élèves, parce que les résultats de ces petits concours rapides seront immédiatement établis et proclamés à la fin de chaque exercice.

Pour terminer cet exposé des méthodes de culture de l'attention, disons un mot de la culture indirecte.

L'action produite sur la musculature par un travail attentif plus ou moins prolongé est double : certains muscles sont contractés, les muscles accommodateurs prochains et éloignés, les autres au contraire sont immobilisés, inhibés. Or deux méthodes peuvent être adoptées pour atténuer les effets nuisibles de l'attention sur la musculature : la première, immédiate, consiste à défatiguer régulièrement et de la façon la plus opportune, les muscles contraints. Ainsi fera le sujet qui de temps en temps, durant l'exercice de lecture ou d'écriture, prendra la précaution de regarder au loin ou de clore les paupières, de varier son attitude générale, de faire deux ou trois fois le tour de la salle où il travaille.

La seconde méthode consiste à entraîner les muscles et à l'accommodation, et à l'immobilité par des exercices gradués.

Quant aux troubles que l'attention prolongée détermine dans la circulation, c'est à des procédés de gymnastique circulatoire — et en particulier aux plus simples de ceux-ci — qu'il faudra recourir. Contre la congestion de la tête et le refroidissement des extrêmités rien n'est plus efficace et plus pratique que de décrire plusieurs fois de suite, et à intervalles plus ou moins rapprochés, un *huit* avec les pieds, avec les mains. On combattra les troubles de la respiration —

on fera en même temps un excellent exercice de gymnastique respiratoire préventive des maladies du poumon — en coupant son travail par des inspirations larges, profondes, forcées.

Ces quelques moyens simples, faciles, hygiéniques, combattront efficacement chez tout sujet l'effet déprimant du travail attentif, et lui permettront de pousser sans inconvénient ses efforts d'attention.

J. J. Van Biervliet.

LES IDÉES D'UN VIEUX PASTEUR

SUR

L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES NATURELLES

On commence enfin à se préoccuper officiellement de la pédagogie et de la méthodologie spéciales à l'enseignement des sciences naturelles dans les humanités. Il n'y a rien de bien étonnant à constater que dans notre pays ces questions aient été jusqu'ici laissées un peu de côté. Depuis une vingtaine d'années, on a enseigné les sciences en s'inspirant surtout de l'expérience des anciens. La littérature française sur la question étant restreinte à quelques ouvrages écrits par des philosophes et pour des philosophes, le corps professoral ne pouvait y trouver des notions pratiques et des méthodes précises. C'est pour ces raisons sans doute qu'il a paru utile aux organisateurs du Congrès de Bonne Espérance de réserver une section spéciale à l'enseignement des sciences.

Les rapporteurs auront trouvé, dans l'abondante littérature anglaise et allemande, tous les éléments nécessaires pour renseigner leurs collègues sur les méthodes employées par nos voisins. Je n'ai donc nullement la prétention de rien ajouter à toutes les bonnes choses qu'ils auront écrites. Le présent article offre plutôt un intérêt rétrospectif et historique et je souhaite seulement en l'écrivant compléter l'ensemble des questions

qui ont été abordées dans ce Congrès, par un hommage d'admiration à celui qui, le premier à ma connaissance, aborda systématiquement la méthodologie spéciale de l'enseignement des sciences naturelles. Son nom est pourtant resté, pendant un siècle, ignoré de tous ceux qui se sont occupés d'enseignement et de pédagogie en général.

Il n'est cité nulle part par les auteurs allemands, ses compatriotes pourtant, qui depuis vingt ans se sont efforcés, avec succès, de modifier et de régénérer en quelque sorte les méthodes pédagogiques particulières à ces branches si importantes.

C'est grâce au hasard que le livre écrit par un humble pasteur saxon, G.-E. Fischer, en l'an 1800, a revu le jour depuis quelques années. Il a été retrouvé par M. Friedrich Klinkhardt au fond de la bibliothèque de l'Université d'Iena, et celui-ci en a fait connaître quelques extraits dans la revue NATUR UND SCHULE (1).

En les présentant aux lecteurs, Klinkhardt fait la remarque suivante : « Celui qui, dit-il, s'occupe avec amour et plaisir de l'histoire d'une branche quelconque de la science, fait parfois l'amère expérience de constater combien souvent les esprits les plus éminents et les plus clairvoyants, qui devançaient leurs contemporains, n'ont été ni compris, ni appréciés des gens de leur temps, et sont tombés peu à peu dans l'oubli. »

Ce fut bien le cas pour les idées et le livre que publia le pasteur saxon, alors qu'il était encore diacre à Zschaitz près de Döbeln. On cherche en vain son nom dans les ouvrages classiques qui traitent de la pédagogie des sciences naturelles. On le trouve seulement mentionné par Arthur Haese qui signa, dans le traité encyclopédique de Rein sur la Pédagogie, l'article

(1) *Ein vergessener Methodiker des naturkundlichen Unterrichts aus dem Anfange 19 Jahrhunderts.* von Friedrich Klinkhardt. NATUR UND SCHULE, Bd. 5, p. 185.

intitulé « Zoologischer Unterricht » (1). On y rend hommage à ses idées et à son mérite, et on exprime l'opinion que les travaux du vieux pasteur étaient dignes d'un meilleur sort.

Après quelques recherches, l'auteur établit comme suit le curriculum vitae de notre vieux naturaliste : Gottlieb Eusebius Fischer, magister, né le 23 mai 1769, à Gobzen, diacre à Zschaitz 1798-1800, archidiacre à Wurzen 1801, pasteur à Ranis 1810, superintendant à Sangerhausen 1819, émérite 1844, mort le 22 décembre 1847.

Pour bien juger de la valeur des idées pédagogiques de Fischer, il est nécessaire de se reporter à l'époque à laquelle il écrivait, et de considérer quelles étaient en ce temps les méthodes employées dans l'enseignement.

Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, les philosophes étaient les seuls pédagogues attitrés qui enseignassent les sciences. Elles faisaient partie de l'universalité des connaissances requises pour devenir docteur en Philosophie. Pourtant, à partir de ce moment, quelques naturalistes s'étaient déjà spécialisés, mais on se bornait encore le plus souvent, dans les leçons, à répéter de confiance ce que les anciens avaient écrit et pensé des animaux et des plantes ; on croyait encore inutile de faire des observations personnelles, on avait foi dans l'autorité des prédécesseurs. Peu à peu on en arriva à trouver insuffisante la sagesse qu'on puisait dans les livres, et l'on revint à observer directement de la nature, à rechercher les animaux et les plantes, à les décrire d'après des observations personnelles.

Les matériaux nouveaux s'accumulèrent bientôt en telle quantité que le besoin de les classifier se fit sentir. On en rapportait de tous les coins de la Terre, dans les explorations lointaines aux continents nouveaux. C'est

(1) Rein. *Enzyklop. Handbuch der Pädagogik.*, Bd. 7, p. 850.

alors que Linné créa sa fameuse classification, définit l'espèce, le genre, l'ordre, la classe, etc., et établit une terminologie logique par l'emploi de la nomenclature binaire. Les sciences biologiques prirent dès ce moment leur place, petit à petit, dans l'enseignement universitaire, d'abord avec un seul titulaire, puis enfin avec des titulaires spéciaux pour chaque branche, vers le milieu du siècle dernier.

Les pédagogues et les philosophes avaient senti le besoin de laisser à des hommes spécialisés dans ce genre d'études, la tâche de les enseigner. C'est à ce moment que le livre de Fischer parut sous le titre : « Manuel complet d'une Histoire naturelle technologique et économique à l'usage des bourgeois allemands, agriculteurs, et de leurs enfants, par M. G. E. Fischer, Diacre à Zschaitz près Döbeln, 1800. »

Le livre est devenu rare aujourd'hui, et Klinkhaardt est parvenu, après un an de recherche, à le retrouver ; mais il est incomplet, il ne comprend plus que quatre volumes. Ils sont tous dédiés à des personnalités universitaires de l'époque qui ont joui d'une grande réputation scientifique, et ont attaché leur nom à l'une ou l'autre découverte ; ce sont les professeurs Blumenbach de Göttingen, von Screber d'Erlangen, Batsch d'Iéna. Ce fait démontre que l'auteur était en relations d'amitié avec les autorités scientifiques de son temps. Toute son œuvre démontre d'ailleurs surabondamment qu'il était absolument maître de la littérature, et qu'il avait lui-même une expérience personnelle et une connaissance approfondie des matières qu'il traita. Dans son quatrième volume, il a consacré un chapitre spécial à l'Enseignement de l'Histoire naturelle, et c'est précisément sa méthode et ses idées qui sont appliquées et suivies par tous les pédagogues modernes allemands et américains. Ils ont donc mis un siècle à retrouver et à appliquer enfin, d'une manière systématique, les prin-

cipes pédagogiques que le vieux pasteur saxon avait exposés d'une manière si claire, si pleine de bons sens, en l'année 1800.

Son traité de méthodologie d'Histoire naturelle est divisé en deux parties : dans la première, il énonce quelques règles générales sous forme d'avertissement ; dans la seconde, il considère la leçon d'Histoire naturelle pour des âges particuliers, puis pour les écoles, gymnases et Universités. Ce traité est le premier où ces questions ont été abordées avec une vue d'ensemble aussi complète, avec autant de pénétration et d'expérience de la matière à enseigner.

Il m'a paru intéressant de le faire connaître en Belgique, à un moment où la nécessité de l'enseignement des sciences naturelles est encore mise en doute par une foule de personnes qui ont chez nous la responsabilité de l'enseignement, et qui lui dénient même toute valeur éducative. Il en est beaucoup qui reconnaissent simplement l'utilité de cet enseignement, mais ignorent les méthodes spéciales indispensables pour les bien enseigner. Je crois que la connaissance des idées de Fischer pourrait aider beaucoup à ce que l'histoire naturelle soit enseignée d'une manière convenable, et apprise d'une manière à la fois pratique et éducative.

On peut traiter, dit-il, ces diverses matières de deux façons, l'une populaire, l'autre scientifique. Cette dernière est nécessaire aux savants et à ceux qui veulent le devenir ; la première convient au reste du peuple qui n'a pas cette prétention.

Les méthodes devront donc être différentes, et s'appliquer à des circonstances diverses ; mais elles devront toutefois rester suffisamment liées entr'elles, pour permettre aux écoliers de passer sans inconvénient de la méthode populaire à la méthode scientifique.

La première est destinée à tous les hommes, elle

devra donc logiquement précéder la méthode scientifique.

L'homme appliquera la seconde, non quand il voudra connaître la nature comme tout habitant de la terre doit le faire, mais quand il voudra la décrire comme savant.

Dès que l'homme commence à s'exprimer comme un homme, dès qu'il est en état de réfléchir sur ce qu'il ressent, il est apte à recevoir l'enseignement de l'Histoire naturelle.

Avant même que l'enfant ait appris à lire, il peut et doit être conduit à la connaissance de la nature. De quelle manière ? Les méthodes sont très diverses, et de valeur très inégale. Ce serait une folie de mettre sur la table d'étude d'un enfant une encyclopédie scientifique.

L'enseignement peut avoir un double but ; ou bien donner à l'enfant une description des objets naturels, et, au moyen d'histoires ou de contes, lui faire connaître ce que d'autres ont observé sur ces objets ; ou bien, ce qui est infiniment meilleur, l'entraîner à l'observation personnelle.

D'après la première méthode, on forme des connaisseurs de la nature ; d'après la seconde, des chercheurs.

La connaissance de la nature que l'on acquiert par ce que les autres en racontent a une valeur très relative, suivant que le récit est consciencieux et vrai, et selon que l'on sait employer ce récit pour en extraire des enseignements susceptibles de faire l'éducation du cœur et de l'esprit.

La recherche seule a une valeur positive, car toute recherche scientifique exerce les forces de l'esprit. Il est de beaucoup préférable d'être un petit naturaliste chercheur, que d'être un grand connaisseur de la nature. La recherche dans la nature conduit chaque fois à une connaissance nouvelle, le contraire n'est pas toujours vrai.

Beaucoup de personnes connaissent un grand nombre de corps naturels, sur le récit d'autres personnes ou par les livres, et jamais ne se sont laissées aller à décomposer un objet naturel en ses parties, ou bien à l'observer.

Peut-on dire que ces personnes ont une réelle connaissance des choses ? Des mots, peut-être oui, des choses, non.

C'est une grande perte pour la science de former seulement des connaisseurs. On multiplie par ce moyen, parmi les hommes, ceux qui se laissent guider par des paroles et ceux qui répandent, chez leurs semblables, les légendes, les observations inexactes et les malentendus.

Au contraire, c'est un gain pour la Science de former des chercheurs qui voient par eux-mêmes, essayent par eux-mêmes, contrôlent les choses nouvelles et peuvent en augmenter le nombre.

Toutefois, être un naturaliste chercheur, ce n'est pas nécessairement découvrir des choses qui n'ont pas encore été trouvées par d'autres, mais c'est remarquer et distinguer, par un examen personnel et par comparaison, ce que l'on n'a pas encore observé soi-même.

Toute leçon d'histoire naturelle doit, de toute façon, avoir pour but premier de former des naturalistes chercheurs, peu importe qu'elle soit donnée à des enfants, à des adultes, à des savants ou à des non savants.

La méthode d'enseignement des sciences, qu'elle soit populaire ou scientifique, ne doit jamais négliger ce but, ni le subordonner à un autre but ; c'est le but supérieur à tous. En effet, la recherche dans la nature donne beaucoup plus de gain en connaissances réelles, que la connaissance de la nature seulement par ouï-dire.

Faire une tentative de transformer la leçon d'histoire naturelle en une introduction à la recherche scienti-

fique, serait essayer de rendre l'histoire naturelle utile à l'humanité tout entière.

La première leçon d'histoire naturelle ne peut être systématique, car proposer un système scientifique à quelqu'un qui ne connaît aucun corps naturel, c'est lui faire un cadeau qu'il ne saurait utiliser.

Le nouveau naturaliste doit d'abord rassembler dans son esprit, ou bien dans sa collection (le mieux est de le faire des deux manières), tous les objets qu'il trouve. On le laisse ensuite classer ensemble les choses qui ont des traits de ressemblance, et séparer celles qui sont différentes.

Chacun doit donc d'abord se bâtir son système. Quand on l'aide en lui proposant un système de classification plausible, on ne doit pas l'obliger à tout arranger d'après ce système. On doit lui proposer une classification déterminée, parce qu'on n'en connaît pas de meilleure.

De cette manière, chacun apprendra à connaître ce qu'est un système de classification, et à quoi il sert.

Si l'on doit juger, d'après ce que nous venons de dire, de la valeur des leçons d'histoire naturelle qu'on donne actuellement (1800), on doit convenir que, le plus souvent, elles sont une manière de perdre son temps inutilement.

Les élèves apprennent à répéter, à balbutier quelque chose, voire même beaucoup de choses. Ils ne savent faire aucun usage de ce qu'ils ont appris, et le cœur et l'esprit demeurent, après cette érudition apparente, non éduqués et non affinés.

Histoire naturelle pour les enfants

Toute leçon d'histoire naturelle aux enfants doit avoir pour but avant toute chose d'exercer les facultés de l'âme.

Les méthodes qui sont le plus convenablement appropriées à leur âge sont celles qui atteignent le but d'enseigner le mieux et le plus facilement à connaître la nature.

Par enfants, il faut entendre des hommes, dans un âge où ils ne sont encore que des hommes, et aussi longtemps qu'ils n'ont pas encore fait choix de leur carrière comme citoyens.

L'homme par sa personne est une partie de l'univers, il doit donc en tant qu'homme apprendre à connaître la nature dont il est lui-même partie constituante.

Pour arriver à cette connaissance, il a besoin de ses sens et de sa raison, car c'est en sa qualité d'homme qu'il possède ces deux moyens, sens et raison. La question de savoir s'il faut oui ou non apprendre aux enfants à connaître la nature ne se pose même pas, cette connaissance est pour eux la première de toutes les sciences.

L'enfant sait voir parce qu'il a des yeux, et comparer parce qu'il a la raison. La leçon d'histoire naturelle pour un enfant devra donc consister en ceci : qu'on le conduise vers les objets naturels pour les voir, et pour attirer son attention sur ceux qu'il doit comparer.

On ne doit pas transformer les enfants en savants, et exiger qu'ils étudient les systèmes et la terminologie des savants. Ils ne doivent pas non plus faire des découvertes pour les savants, mais ils doivent découvrir pour eux-mêmes ce qui se trouve devant leurs yeux non encore exercés ; à cette occasion, exercer les facultés de leur âme, élargir leur horizon, et se préparer ainsi à de nouvelles connaissances.

Certains maîtres d'histoire naturelle, se plaçant à un point de vue unilatéral, affirment que cette science est seulement faite pour les adultes, et que l'on devrait se limiter à donner aux enfants des cours de Religion.

(Le pasteur Fischer avait entendu formuler cette opinion par un naturaliste très connu de l'époque.)

Pour cet homme, continue-t-il, l'essentiel de la connaissance de la nature consistait à ce qu'on portât, dans sa tête ou dans sa poche, la dénomination latine de tous les objets d'histoire naturelle, et qu'on connût une série de livres où il était traité de ces objets. Cela en effet est bon pour des adultes, mais non pour des enfants; mais voir, comparer, observer et conclure, ce sont autant d'opérations mentales qu'il faut enseigner aux enfants.

Malheur à nous, s'écrie-t-il, si on les oblige à conclure avant qu'on leur ait appris à voir et à observer.

Commencer l'enseignement avec des choses suprasensibles, passer par-dessus le monde sensible, oublier que nous avons des yeux et que nous vivons dans un monde de réalités, c'est renoncer à vouloir posséder le jugement d'un homme sain.

Comment peut-on penser éveiller dans leur esprit l'idée essentielle à toute religion, celle de Dieu ?

Ils ne peuvent pas encore avoir un besoin moral de cette foi ; et que peut bien leur dire une preuve cosmologique, quand ils rampent encore comme des aveugles sur la Terre ?

Quelle pauvre et misérable conception doivent-ils se faire de Dieu, quand ils ont des idées si imparfaites sur l'Univers !

Le maître qui prêche à ses élèves le Créateur de la Nature, sans leur avoir au préalable fait connaître la Nature, sème dans leurs jeunes cervelles une armée de préjugés, qu'il aura plus tard grande difficulté à dissiper, et souvent il n'y parviendra jamais.

Malheureusement, il en a toujours été ainsi jusqu'aujourd'hui ; en suivant de meilleures voies, le genre humain serait arrivé beaucoup plus loin !

L'enseignement de l'histoire naturelle aux enfants

repose uniquement sur cette idée : qu'ils doivent apprendre la recherche dans la Nature. Il en résulte que c'est seulement la partie de la Nature qui les entoure, celle qui est sous leurs yeux, qui peut servir d'objet à leurs observations et à leurs réflexions.

La première place libre au dehors est leur première école.

Après de longues recherches, après avoir étudié la nature ambiante avec son cachet particulier, quand ils voudront la décrire, les enfants s'apercevront alors des richesses et des merveilles que cette nature contient ; alors seulement on pourra leur parler de choses que leurs yeux ne peuvent atteindre.

Je préviens les maîtres, continue Fischer, qu'ils n'ont pas à placer devant eux un traité d'histoire naturelle, et à lire des historiettes sur les éléphants et les crocodiles ; cela s'appelle simplement perdre son temps, et non élever des hommes raisonnables.

Chaque maître doit d'abord chercher à connaître autant que possible les objets qui l'entourent, de telle manière qu'il ne puisse passer devant aucune plante, aucun animal sans qu'il puisse en faire ressortir les caractères essentiels devant ses élèves, et satisfaire ainsi leur besoin de curiosité.

Il n'est pas nécessaire pour cela que toute la leçon se donne à l'extérieur. On peut apporter l'une ou l'autre chose à l'école pour l'examiner. Cela est surtout nécessaire quand le professeur n'est pas encore suffisamment avancé dans la connaissance de la nature, pour donner de suite à ses élèves tous les renseignements utiles. Il est pourtant nécessaire que les enfants voient, en leurs lieux et places naturels, les objets qu'on devra leur expliquer, ou bien qu'ils devront rechercher ou observer sous la direction du professeur. Il y a une énorme différence entre montrer à l'enfant une pierre couchée dans l'une des boîtes d'un musée de minéralogie, et lui

faire recueillir la même pierre à l'endroit où la nature l'a formée.

Dans ce dernier cas, l'enfant n'acquiert pas seulement une notion du minéral, mais aussi du milieu qui l'entoure. Un morceau de granit que l'enfant détache du flanc d'une montagne lui donne de l'objet une connaissance beaucoup plus complète, que s'il trouvait le même fragment déposé dans une boîte.

L'enfant qui se trouve devant cette boîte contenant un morceau de pierre est conduit à une fausse conception et à une fausse pensée ; il croit que le granit se rencontre seulement dans la nature sous cette forme et sous ce volume.

Il en est de même d'une plante que l'on trouve dans son habitat. On peut ainsi constater des différences avec les espèces voisines, des variations de taille dans une même espèce, une coloration plus foncée ou plus claire. C'est seulement quand l'enfant aura fait toutes ces constatations qu'il pourra prendre ces plantes et les porter à la maison.

Si les enfants collectionnent des papillons et les conservent dans des boîtes, il semble à certains que c'est la bonne méthode pour devenir un naturaliste chercheur, mais c'est là une misérable apparence. Les couleurs brillantes sont un simple amusement de l'œil, et la chasse aux papillons est une manière amusante de perdre son temps, tout comme la chasse au lièvre, pour les grands enfants.

Il ne peut être question, pendant ce temps, d'observer et de comparer, de décomposer et de disséquer.

On ne doit pas pousser les enfants à chasser les papillons, comme à un plaisir enfantin. On ne peut leur permettre de les conserver sans les faire servir à un but plus élevé, sans qu'ils connaissent les diverses parties de l'animal, sans qu'ils puissent les déterminer, et

en reconnaître les caractères aussi bien que les couleurs brillantes.

Qu'on finisse donc une bonne fois d'écrire pour les enfants des livres d'histoire naturelle qui ne peuvent leur être utiles en quoi que ce soit. Arrière les manuels ! Mais qu'on écrive beaucoup pour les maîtres, pour qu'ils puissent chercher un conseil dans les livres, et y chercher des éclaircissements sur les choses qu'ils ne connaissent pas encore.

Histoire naturelle à l'École

Ce qui a été dit, d'une manière générale, pour l'enseignement des enfants, peut s'appliquer aux écoles primaires et moyennes.

Il s'y trouve en effet des enfants qui ne se destinent pas à devenir des savants, mais simplement des hommes intelligents et sensés.

Dans ces conditions, l'enseignement de l'histoire naturelle aidera l'élève à devenir un homme sensé, quand il le conduira à observer et à réfléchir. On ne dictera donc pas seulement, dans les écoles, des descriptions de corps naturels, mais on laissera les enfants les voir et les considérer à leur aise, ou bien on les conduira pour qu'ils puissent les voir et les observer dans la nature.

Dans les écoles qui sont destinées à former les savants, l'enseignement devra être conçu d'une autre façon.

Le but essentiel demeurera toujours le même, il devra contribuer à conduire les élèves à une plus grande activité d'esprit ; c'est pourquoi la recherche dans la nature demeurera toujours la chose principale.

Attendu qu'il ne doit pas seulement devenir un homme sensé et raisonnable, mais aussi un savant, l'élève devra faire connaissance à l'école avec les formules de la science, pour se préparer à comprendre ce

que les savants enseignent, et cela dans la forme même qu'ils donnent à leur enseignement.

Le maître d'une école qui prépare ses élèves à devenir des savants devra donc d'abord les conduire à la recherche scientifique, puis parallèlement leur faire connaître les systèmes de classification.

Cette connaissance devant être élémentaire, il se bornera à leur expliquer la signification des termes employés. Il les initiera ainsi peu à peu à la méthode et à la langue du naturaliste, pour les préparer à suivre avec fruit les leçons des savants à l'Université.

L'enseignement de l'histoire naturelle, dans ces écoles préparatoires aux Universités, tout au moins dans les classes supérieures, sera donc un intermédiaire entre la manière populaire et la manière vraiment scientifique, une forme de passage de l'une à l'autre.

Aucun élève ne peut négliger l'enseignement des sciences naturelles, parce que ces sciences doivent être comprises de tous. L'histoire naturelle est nécessaire en soi et utile à tout homme.

Tout savant doit la cultiver à côté de sa profession, elle lui est aussi nécessaire que l'étude des mathématiques et de la philosophie.

L'histoire naturelle à l'Université

Pour autant que je le connais, dit Fischer, l'enseignement de l'Histoire naturelle que l'on donne à l'Université ne mérite pas ce nom.

Je veux raconter brièvement quel enseignement académique j'ai reçu.

Il s'agissait, comme de coutume dans les salles de cours, de descriptions d'animaux, de botanique et de minéralogie.

On nous lisait un manuel, ce que tout étudiant aurait pu faire tout aussi bien chez lui, sans avoir besoin de

payer de l'argent pour cela. Après certains chapitres, on ajoutait quelques explications. On montrait bien parfois quelques préparations, de loin. Pendant la description et souvent la simple énonciation de quelques noms, on nous montrait quelques exemplaires, ou des figures que nous devions copier, de telle façon que les étudiants paraissaient surtout être venus là pour dessiner.

Le professeur attachait une grande importance à ces dessins et à ces images. Je confesse que cela ne m'a servi de rien. On tournait une image, un tableau l'un après l'autre, et les spectateurs ne savaient jamais en réalité ce qu'ils voyaient.

Pour les insectes, le professeur lisait le nom des genres dans son traité, et il nous conduisait alors devant une vitrine contenant des papillons ou des coléoptères, et il nous donnait l'explication suivante : « Voici des papillons que j'ai achetés autant, à tel, ou tel marchand. »

Et tous nous étions, après un an, gros Jean comme devant. Et moi, qui avais un grand désir de devenir naturaliste, je ne savais pas encore de qui je devais apprendre quelque chose.

S'il n'existe pas de moyen d'enseigner autrement, personne ne mange son pain quotidien avec plus de péché qu'un professeur d'Université. Celui-ci ne doit pas avoir d'autre but que former ses élèves à devenir des chercheurs et des savants, mais d'une manière plus approfondie que dans les écoles du degré inférieur.

Quand un maître se livre à quelques considérations générales qui doivent servir d'introduction à une branche particulière de l'histoire naturelle, qu'il ne s'attarde pas aux choses que tout étudiant trouvera facilement dans les traités, il gagnera ainsi autant de temps pour s'occuper spécialement de cette branche, et

les résultats qu'il acquerra le conduiront d'eux-mêmes à des considérations générales.

S'il veut faire la description d'un animal, ou de ses parties essentielles ou de leur structure, il n'aura rien obtenu s'il montre quelques animaux dans l'alcool, ou s'il expose quelques préparations.

S'il veut être utile à ses élèves, qu'il dissèque un animal devant eux, qu'il leur montre ce qui dans chaque partie est intéressant, pour qu'ils puissent eux-mêmes faire une dissection. Si l'élève fait cela lui-même, il apprendra beaucoup plus, par ce moyen, que tout ce qu'il pourrait extraire des livres.

Le maître doit faire connaître à ses élèves tous les appareils, et tous les accessoires de laboratoire nécessaires à la recherche scientifique. Il doit leur apprendre à naturaliser les animaux, conserver les insectes, les vers, sécher les poissons ; de cette manière il formera un naturaliste chercheur. On m'a parlé longuement, au cours, des stomates et de toutes les pièces de la bouche, et des autres parties du corps des insectes, mais je n'étais pas en état, malgré tout ce travail, de trouver le cœur d'un insecte. Pourquoi ? Parce que le maître n'avait jamais pensé à nous montrer où et comment il fallait chercher le cœur d'un insecte.

Pour la Botanique, il faut donner aux auditeurs des plantes à décomposer et il ne faut pas les abandonner à eux-mêmes, avant qu'ils en connaissent toutes les parties avec exactitude.

Pendant la leçon de minéralogie, on ne se bornera pas à dire que telle pierre est plus dure que telle autre, ou qu'elle peut être écrasée et brisée par tel ou tel moyen, mais on fournira à l'étudiant les pierres et les moyens de les briser et de les écraser. De cette manière, ils apprendront eux-mêmes la recherche, et ils pourront devenir de vrais naturalistes.

De même il ne serait pas logique, pendant les leçons

d'histoire naturelle, de renvoyer aux leçons de chimie ou d'anatomie, quand on doit envisager la possibilité d'une dissection ou d'une décomposition.

Peu importe que ces mêmes questions soient enseignées ou non par les titulaires de ces branches, c'est un devoir pour le maître de montrer comment on doit employer la chimie ou l'anatomie, dans l'étude des objets naturels, et quelle aide on peut demander à ces autres sciences.

Il termine ainsi : Puissent ces quelques rapides remarques servir à fixer l'attention de certains professeurs d'histoire naturelle, et leur faire comprendre qu'il est plus salutaire de faire servir leur enseignement à ennoblir le genre humain, qu'à perdre leur temps en conversations oiseuses !

Les passages qu'on vient de lire ne constituent pas tout ce que le pasteur saxon a écrit sur la méthodologie des sciences naturelles. Nous en avons seulement extrait, dans chaque chapitre, les endroits qui nous ont paru pouvoir trouver, même à notre époque, une application raisonnable.

Ceux qui sont renseignés sur les programmes et les méthodes employés aujourd'hui, en Hollande, en Allemagne, en Suisse, en Angleterre, dans les pays scandinaves, constateront avec étonnement que les idées de Fischer sont réalisées à la lettre, ou bien sont en voie de s'y généraliser dans les écoles de toute espèce.

Il existe encore pourtant un grand nombre d'écoles où les professeurs se bornent à enseigner en se servant exclusivement du manuel, et en ne se servant pas même de tableaux et de planches murales.

On enseigne encore de notre temps la chimie sans faire une manipulation, la physique sans faire une expérience, la botanique sans faire une herborisation, et la zoologie sans faire une dissection.

Il existe encore de notre temps des établissements

d'instruction où il y a un musée d'histoire naturelle, que l'on a soin de montrer aux parents quand ils visitent les locaux, mais dont jamais les objets qu'ils renferment ne servent à l'enseignement. Jamais ils ne franchissent le seuil d'une classe.

Les élèves doivent connaître, de mémoire, les cours de chimie et de physique. Il existe encore des établissements d'instruction du degré moyen dont les élèves ne reçoivent aucun enseignement des sciences biologiques, anatomie, zoologie, physiologie, botanique, et qui néanmoins reçoivent après sept années d'études un certificat d'humanités complètes.

Alors on considère, dans ces établissements, avoir formé les sens, la raison, et le cœur d'un jeune homme, et il ignore tout des lois les plus essentielles de la vie, et de la composition du monde qui l'entoure.

Il existe encore de notre temps des professeurs de sciences, tellement ignorants des branches qu'on les oblige d'enseigner, qu'ils n'ont d'autre chose à faire qu'à suivre, mot à mot, le manuel généralement en usage. Ils n'oseraient emmener leurs élèves en excursion, car ils rougiraient de honte devant leur incapacité à répondre aux questions de leurs élèves.

Il est beaucoup plus facile de dire : pour demain vous saurez telle ou telle page du manuel !

Nous connaissons des institutions qui défendent à leurs élèves de cueillir des fleurs en promenade, ou de capturer des animaux et des insectes. On craint que les plantes ne salissent les corridors ou les parloirs, ne souillent les planchers cirés. On y redoute que les élèves ne transforment leurs pupitres en terrariums où l'on élève des hannetons ou des lézards. On considère les enfants, qui s'oublient à enfreindre la règle à un tel point, comme de mauvais sujets indisciplinés, au lieu de les féliciter et de les encourager dans cette voie de l'observation personnelle.

Il existe encore à notre époque des écoles sans musée, sans collections d'histoire naturelle, sans aquariums, sans terrariums, sans jardin, et l'on a la prétention dans certaines d'entr'elles d'enseigner les sciences naturelles.

C'est pourquoi il m'a paru utile de faire connaître les principes de cette pédagogie spéciale des sciences d'observation, tels qu'ils ont été formulés d'une manière admirable par Fischer.

Tous ceux qui ont la responsabilité des programmes et des méthodes d'enseignement y trouveront esquissées, en quelques pages, toutes les idées qui ont présidé aux réformes actuellement réalisées par les pédagogues américains, dans les classes de tous leurs établissements d'instruction.

Cette transformation radicale s'est opérée sous l'influence des éléments germains et anglais émigrés vers le nouveau monde, dans l'ignorance complète des travaux de Fischer ; mais ils se sont rencontrés dans l'application logique du bon sens à l'éducation et à l'instruction de la jeunesse.

Dr H. Lebrun.

AÉROPLANES [1]

ET

SOUS-MARINS VIVANTS

Ce sont évidemment les oiseaux et les poissons, me direz-vous : ces merveilleux appareils d'aviation et de natation dont la nature s'est complue à varier à l'infini les formes et le mécanisme; ces admirables machines, sorties vivantes des mains du Créateur, dont l'homme, *ce contre-maître de la Création*, s'efforce aujourd'hui d'utiliser à son profit les brevets d'invention. Eh bien non, cher lecteur, j'ai mieux encore à vous offrir : des machines plus simples, plus petites, aussi belles et aussi parfaites, si l'on considère le but à atteindre. Ici, la nature s'est véritablement surpassée en ingéniosité par la simplicité des procédés, la légèreté et le bon marché des matériaux et des organes, sans rien sacrifier à l'esthétique dont elle semble avoir toujours si grand souci tout comme nos meilleurs artistes.

Voyez-vous vibrer dans ce rayon de soleil cette

(1) Cet article forme un chapitre d'un livre sous presse, visant à inspirer le goût des sciences d'observation en présentant aux jeunes gens, sous une forme littéraire, les merveilles et les finalités de la vie animale et végétale, conformément aux données les plus récentes de la biologie ; merveilles à côté desquelles nous passons le plus souvent sans les voir, parce qu'on ne développe pas suffisamment l'esprit d'observation dans les écoles (Voir ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE, Discussions sur les méthodes et les programmes d'enseignement, à partir d'avril 1876).

mouche rutilante, qui semble cuirassée d'or ou de nacre et vêtue de riches broderies d'Orient ? Elle plane immobile, comme un aigle dans l'azur, et disparaît tout à coup, comme un éclair, pour revenir parfois à la même place exécuter sous nos yeux ses prodigieux exercices d'équilibriste ? Cette mouche est une *syrphide ;* nous la disséquerons tout à l'heure.

Et là-bas, sous cette corbeille de fleurs, quel est ce gracieux papillon qui ressemble à s'y méprendre à un tout petit oiseau-mouche et qui exécute à peu près le même manège, en enfonçant tour à tour sa longue trompe effilée dans les corolles pour filer ensuite comme une flèche et revenir vibrer, comme la mouche, dans les rayons brûlants de l'astre qui le fait mouvoir et qui fait mouvoir notre univers ? C'est le *humming bird* des Anglais, le papillon sphinx que l'on a baptisé avec raison du nom de *papillon-oiseau* (1) ; sa chenille, qui porte une corne sur la queue comme tous les sphinx, vit sur les caille-lait, c'est-à-dire les gaillets jaunes qui parfument, en été, nos dunes et nos chemins creux. Il vous est facile de la capturer et de l'élever à domicile comme un simple ver à soie. Mais quelle différence au point de vue de la beauté, de la grâce, du mécanisme du vol, de l'*aviation,* entre le petit sphinx et le blanc et lourd bombyx importé de Chine pour fabriquer la soie, comme l'abeille fabrique le miel à notre profit ! Le papillon-oiseau, qui a les derniers anneaux de l'abdomen emplumés, comme un oiseau véritable, n'a cependant pas d'autres vêtements que ses congénères. Les plus riches couleurs qui ornent les ailes et le corps des papillons sont produites par de petites écailles superposées comme les ardoises sur un toit et formées d'une

(1) Tous les enfants connaissent ces grosses chenilles cornues qui donnent naissance à de grands papillons de nuit, comme le *Sphinx tête de mort*, le sphinx de la vigne, du liseron, de troëne, du tilleul et du laurier-rose.

poussière *chitineuse* (1). Cette matière, qui forme les ailes supérieures et coriaces des hannetons et des autres coléoptères, constitue à elle seule tout le squelette externe, les ailes et les ligaments des insectes ; contrairement à ce qui existe chez les animaux vertébrés, à *squelette interne*, tous les muscles qui actionnent les organes sont fixés à la carapace, c'est-à dire à la *peau durcie*, et forment une série d'anneaux ou d'arceaux leur servant de point d'attache.

Ce sont les deux anneaux du thorax, les plus rapprochés de la tête après le protothorax, qui servent à fixer *les ailes* et *les muscles* qui les actionnent.

Chez les papillons, comme chez les abeilles et les guêpes, les ailes sont au nombre de quatre ; mais chez les mouches proprement dites il n'existe qu'une seule paire d'ailes, comme dans nos *monoplans*. Seulement, ces ailes sont mobiles et exécutent des mouvements giratoires aussi rapides que ceux de nos hélices. Elles se meuvent dans tous les sens, au gré de l'insecte, qui n'est jamais exposé à *capoter*, comme nos aviateurs, grâce à la perfection de son appareil. Les *syrphides* et les *taons* en offrent un superbe exemple à la portée de tous les observateurs.

La jolie mouche appelée *syrphus* est sortie d'une espèce de petite sangsue aveugle, qui va sur les feuilles détruire les pucerons et sucer leur sang, en les dégonflant comme une outre. Les syrphides sont donc de précieux amis de nos jardins, car c'est par milliers qu'on les voit voltiger sur les fleurs, en été ; chacune d'elles donne naissance à un grand nombre de larves en pondant des quantités d'œufs au commencement et à la fin de l'été.

A les voir voltiger et planer pendant des heures dans

(1) La Chitine est une matière organique analogue à celle qui forme le bois ou la cellulose, mais elle contient 7 % d'azote.

les rayons brûlants du soleil, on croirait vraiment que Phœbus est le seul moteur qui fournit l'*énergie* de ces curieux aéroplanes. Et de fait, il est certain que, par un mécanisme encore ignoré, l'insecte utilise et transforme à son profit cette énergie solaire, source première de toutes les forces qui font mouvoir nos machines comme nos organes, ainsi que la science moderne le démontre mathématiquement. Il suffit, en effet, à la mouche de pomper de temps en temps un peu de sucre dans une corolle pour continuer à planer en faisant rapidement vibrer ses ailes dans un rayon de soleil. Et ce rayon paraît indispensable à l'exécution de ce tour de force prolongé, car, dès que le soleil disparaît, la mouche cesse de planer pour se reposer sur des feuilles ou sur des fleurs. Serait-ce que l'aéroplane, qui est un peu plus lourd que l'air, chez la mouche, comme chez l'oiseau, se transforme en ballon ou en montgolfière sous l'influence de la dilatation et de la production de gaz dans les canaux respiratoires qui forment des ampoules nombreuses chez les *diptères ?*

L'anatomie des insectes nous fournit à ce sujet des indications précieuses.

Le corps de la syrphide, dont l'abdomen ou le ventre est presque transparent, est sillonné de vaisseaux appelés *trachées*, aboutissant dans la peau à de nombreuses bouches d'air qui apportent l'oxygène à tous les organes. Cette disposition commune à tous les insectes est le contraire de ce qui se passe chez les animaux supérieurs, comme les oiseaux et les mammifères, où les vaisseaux sanguins transportent le sang dans un organe particulier, le *poumon*, à la rencontre de l'oxygène. Ce n'est plus le sang qui va à la recherche de l'air chez les insectes, disait Cuvier, mais l'air qui vient le chercher dans la profondeur des tissus. Ces vaisseaux élastiques subissent des dilatations parfois considérables et peuvent emmagasiner de l'air atmosphérique ou

d'autres gaz dans l'abdomen en raison directe de l'élévation de la température et de la vivacité des mouvements de l'appareil locomoteur. Les deux ailes s'articulent avec le thorax par des ligaments et des muscles qui assurent leur pivotement rapide pendant le vol. On a réussi à déterminer le tracé exact des mouvements de l'aile dont l'extrémité décrit une courbe en forme de 8, expression des mouvements d'élévation, d'abaissement et de torsion ; chez les mouches le nombre de battements est environ de 330 par seconde.

Les naturalistes croyaient, il y a peu de temps encore, que les ailes des insectes sont des organes passifs, actionnés par des muscles *moteurs*, *élévateurs* ou *abaisseurs*, ne produisant que des mouvements de va et vient. C'est une erreur : on a découvert depuis qu'il existe une foule de petits muscles qui impriment des mouvements divers aux ailes et modifient à chaque instant leur inclinaison de façon à assurer, à l'insu de l'insecte, par des séries d'actions réflexes, c'est-à-dire automatiques, la marche parfaite de ce divin aéroplane ; car, s'il existe dans la nature des preuves évidentes de l'existence d'une intelligence suprême, qui a conçu et produit ces prodigieuses machines *marchant toutes seules*, c'est bien dans le monde des insectes qu'il faut les rechercher.

En effet, chez les animaux supérieurs, comme les oiseaux et les chauves-souris, il existe un cerveau où les naturalistes à courte vue s'obstinent à trouver le siège d'une intelligence comparable à la nôtre. Mais chez les insectes il n'en est plus de même. Le cerveau réduit à l'état rudimentaire de ganglion, joue chez eux un rôle si peu important qu'une mouche décapitée peut reprendre son vol. Il semble, dit un naturaliste contemporain, que chez les articulés chaque ganglion constitue un cerveau particulier. Coupez la tête et le thorax d'une guêpe et chaque tronçon con-

tinue ses mouvements particuliers, les mandibules mordent, les pattes s'agitent dans le vide et l'abdomen replie et lance son dard. Une fourmi *privée de son ventre* continue à se battre, à courir et à soigner ses larves !

Comment ose-t-on soutenir encore après cela que l'*intelligence est fonction du développement du cerveau*, alors que des animaux qui n'ont pas de véritable cerveau réalisent des prodiges que l'homme ne parvient pas à imiter, malgré toute sa science et son intelligence ?

Voltaire, dont se réclament toujours nos sectaires antireligieux, avouait franchement son impuissance à expliquer la marche régulière de ces machines vivantes qui se dirigent toutes seules, à l'*insu* de l'être qui paraît les diriger. *Si le constructeur ou le pilote n'est pas dans l'appareil, ou donc est-il ?* N'est-ce pas l'une des plus belles preuves de l'existence de Dieu fournie par les plus récentes découvertes des sciences naturelles ? Car si l'on descend encore plus bas dans l'échelle de la vie et qu'on pénètre dans le monde des zoophytes ou des polypes vivant au fond des mers, on trouve réalisées des merveilles analogues, tant au point de vue de la structure que de la fonction, de la division du travail, etc., *alors que toute trace de cerveau a complètement disparu.*

Mais voici pour finir un exemple plus suggestif encore de cette puissance *extrinsèque* qui se joue des difficultés de construction, de transformation et d'adaptation aux divers milieux terrestres, aquatiques ou aériens.

Vers la fin de l'été, alors que l'on voit voler dans nos jardins ces superbes papillons aux ailes de velours noir ou de pourpre sombre, bordées de dentelles, aux bandes de feu, aux revers plaqués d'or, d'argent ou de

cuivre rouge que l'on appelle des *vanesses* (les vulcains, les paons du jour, les morios, les belles dames), on observe aussi de grandes demoiselles ou libellules, striées de vert et de bleu, aux yeux énormes, étincelants comme des diamants, par leurs milliers de facettes et qui semblent monter la garde en volant le long des allées ombragées des avenues, des mares ou des étangs, jusqu'au coucher du soleil.

Ces magnifiques aéroplanes *névroptères*, ainsi nommés parce que leurs quatre ailes membraneuses et transparentes se constituent d'un réseau aussi délicat que la dentelle, sont de redoutables carnassiers dont le manège singulier n'a d'autre but que de happer au vol toutes les mouches qui voltigent sous les ombrages ou sur les eaux.

D'où viennent ces vaisseaux de proie, ces pirates de l'air dont le vol dépasse en vélocité celui de l'hirondelle ?

Ils sortent du fond de l'eau, comme Vénus sortit un jour du sein de l'onde, s'il fallait en croire la mythologie des Grecs.

Ils réalisent le plus étonnant exemple de double vie, d'*amphibiose*, et de métamorphoses successives dont la nature est si prodigue et qui avaient si vivement frappé l'imagination des anciens, lesquels voyaient dans ces transformations subites d'une larve hideuse en un être gracieux et aérien le symbole ou l'image de la résurrection.

La larve des libellules, comme celle des éphémères et d'autres insectes, passe l'hiver au fond des eaux où elle se nourrit d'insectes, de mollusques, voire même de petits poissons. C'est un type curieux de vaisseau submersible formidablement armé, dont l'arrière constitue une pompe foulante et l'avant une terrible pince articulée qui se replie sous la gorge et se lance automatiquement sur la proie. Les pattes sont transformées

en véritables rames et les *trachées* s'ouvrent à l'anus par lequel elles viennent respirer à la surface de l'eau et faire provision d'air.

Au printemps, cette larve sort de l'eau et se métamorphose sur les plantes aquatiques, comme les roseaux, sur lesquelles on trouve abondamment ses carapaces transparentes, vides, après la nymphose, comme on trouve dans les rochers les carapaces d'écrevisses ou de homards qui ont changé de peau.

Chacun sait que les poissons possèdent une vessie natatoire qu'ils gonflent à volonté pour s'élever ou descendre dans l'eau. Les larves de libellules possèdent un organe analogue à l'extrémité de l'intestin où viennent aboutir les trachées qui forment des espèces de *branchies* destinées à séparer l'oxygène de l'eau, comme chez les poissons.

L'anus, formé de cinq valves épineuses, expulse et aspire l'eau au moyen d'un appareil musculaire qui sert également à produire et à régulariser les mouvements de natation.

Ce curieux dispositif peut s'observer aisément dans un bocal où l'on introduit des larves de libellules pêchées dans une mare ou un étang. Et c'est de cette larve paradoxale que va sortir le merveilleux aéroplane à quatre ailes de gaze et aux vives couleurs que l'on nomme une demoiselle. La nature est vraiment une grande magicienne.

Quand l'heure de la dernière métamorphose a sonné, le petit monstre aquatique grimpe sur une plante ou une pierre émergée et l'on voit bientôt sa peau de larve se fendre du haut en bas par le dos. Il ne reste plus qu'un fourreau et l'enveloppe du masque en forme de casque, de la pince articulée qui servait à capturer les victimes de ce requin d'eau douce.

Au bout de quelques heures, le miracle est accompli et la libellule s'envole pour commencer ses randonnées

et ses chasses aériennes, servie par des organes absolument différents des premiers, mais aussi parfaitement adaptés à leur nouveau milieu. De puissantes mandibules cornées ont remplacé le masque et des yeux énormes présentant chacun environ *six mille facettes* remplissent presque toute sa tête.

Argus aux cent yeux n'était qu'un pauvre myope en comparaison de ce roi des airs, dont l'aéroplane fonctionne avec une sûreté et une rapidité prodigieuses. Chez les névroptères, en effet, les deux paires d'ailes possèdent des moteurs musculaires distincts, absolument indépendants, tandis que chez les autres insectes les muscles élévateurs et abaisseurs agissent à la fois sur chaque paire.

Aussi chaque paire d'ailes peut suffire à voler indépendamment de l'autre. La preuve c'est qu'on peut couper une paire sans abolir la fonction, ce qui n'existe pas chez la plupart des autres insectes.

En vérité, chaque espèce d'insecte présente un dispositif différent *toujours admirablement adapté à ses conditions particulières d'existence* et il faut être volontairement aveugle pour ne pas voir dans ces merveilleuses combinaisons, variées à l'infini, la marque d'une Intelligence Suprême, qui se joue des difficultés et des obstacles insurmontables pour le génie de l'homme.

L'étude approfondie du mécanisme du vol chez les insectes, comme chez les oiseaux, nous amène à conclure, avec les plus habiles biologistes contemporains, qu'en dépit des apparences, le problème est résolu par le système du plus lourd que l'air et qu'il se réduit plutôt à une question de *poids* et de *puissance appliquès à des ailes bien adaptées* qu'à une question de *légèreté*. Si les insectes n'étaient pas doués d'une force musculaire très supérieure à celle des animaux supérieurs

par rapport à leur poids et à leur dimension (1), s'ils ne parvenaient pas à utiliser mieux qu'eux l'énergie solaire soit directement, soit indirectement, ils seraient incapables de réaliser les tours de force que nous avons décrits.

Toutefois, on aurait tort de méconnaître l'existence de ces réflexes qui leur permettent de se gonfler ou de se dégonfler à volonté comme leurs larves aquatiques et de produire peut-être des gaz plus légers que l'air, ce qui les rapproche momentanément des ballons dirigeables ou des montgolfières, en réduisant au minimum la défense nécessaire à la production de la force musculaire.

Chez la libellule on a constaté que le nombre de battements d'ailes n'atteint pas en moyenne 30 par seconde, tandis qu'il s'élève à près de deux cents chez l'abeille et à plus de trois cents chez les mouches (2). Il semble donc que la grande demoiselle est un aéroplane beaucoup moins lourd, puisqu'il exige une moindre dépense d'énergie pour se maintenir et se diriger dans l'air.

On constate des faits analogues chez les oiseaux grands voiliers, qui présentent des poches à air très développées et des os plus creux. La nature ne fait rien en vain, n'en déplaise à certains naturalistes qui s'appuient trop volontiers sur des exceptions ou des anomalies pour nier la règle ou pour méconnaître la loi.

A. Proost.

(1) Le Professeur F. Plateau de Gand a démontré par de nombreuses expériences que chez eux la puissance musculaire est en raison inverse de la taille. Une abeille est trente fois plus vigoureuse qu'un cheval, puisqu'elle peut traîner une charge équivalente à quatorze fois son poids.

(2) On trouvera dans l'ouvrage de M. Marcy, professeur au Collège de France, publié par la *Bibliothèque nationale* de Gernier-Ballière, la description des ingénieux appareils enregistreurs qui ont servi à démontrer le mécanisme du vol chez les insectes et chez les oiseaux.

LES

EXPLOSIONS DE POUSSIÈRES DE HOUILLE

Avant le désastre de Courrières, on n'ignorait pas absolument le danger d'inflammation et d'explosion des poussières de houille ; mais, en dépit des avis si nets formulés par des physiciens éminents (1), on le tenait généralement pour accessoire et secondaire. Le grand, le principal ennemi du houilleur était celui-là qu'on lui connaissait depuis plusieurs siècles : le grisou. Aussi est-ce du grisou que nous avons surtout entretenu la Société Scientifique au lendemain de la catastrophe du 10 mars 1906, tout en insistant cependant sur le danger des poussières et sur le caractère éminemment explosif de celles de ces exploitations minières (2).

Depuis Courrières, l'opinion des techniciens s'est définitivement orientée. A vrai dire, on en est encore réduit à des conjectures sur la cause première de la catastrophe ; mais l'enquête officielle, confirmant celle de MM. Cunynghame et W. N. Atkinson, a nettement mis en évidence l'intervention désastreuse des poussières. Ce furent elles seules qui propagèrent l'explosion et semèrent la mort sur un champ immense (3). Devant les résultats des récentes études, il n'est plus

(1) Cf. G. van der Mensbrugghe : *Quelques pages de l'Histoire d'un grain de poussière*, Revue des Quest. scient., juillet, 1894.

(2) Revue des Quest. scient., avril-juillet, 1907.

(3) Cf. Heurteau, *La catastrophe de Courrières*. Annales des Mines (France), 10e série, XII, pp. 317-444, voir surtout pp. 429-444, annexe B, p. 487.

permis de douter qu'il n'en ait été ainsi. Les poussières de houille sont un formidable ennemi du mineur; leurs attaques, pour être plus rares que celles du grisou, n'en sont que plus violentes et plus meurtrières.

Aussitôt, après Courrières, on a, avec une louable ardeur, entrepris la lutte contre le fléau, en France, en Angleterre, en Autriche, aux États-Unis et en Prusse. Cette lutte est dès à présent engagée à un point tel qu'il importe d'en vulgariser les premiers résultats. Peut-être eussions-nous pu nous borner à résumer ici le travail synthétique que le Service géologique des États-Unis vient de publier comme introduction à ses propres recherches (1)? Le lecteur y trouvera une bibliographie remarquable du sujet. Si nous croyons devoir adopter une forme quelque peu différente, c'est dans l'espoir qu'elle sera plus accessible à ceux-là qui, tout en s'intéressant à l'exploitation minière, n'y sont pas personnellement engagés.

On se plaît, d'un accord assez unanime, à attribuer à John Buddle le mérite d'avoir reconnu l'intervention de poussières combustibles dans une catastrophe survenue en 1803 au charbonnage de Wallsend. Cette observation aurait été la première en date. Quoi qu'il en soit, on a, durant les vingt-cinq dernières années du XIXe siècle, multiplié les études et les recherches expérimentales, sans que la question n'ait guère avancé, puisque, en divers pays, les accidents, souvent même les catastrophes, se sont succédé nombreux.

L'avenir devait nous apprendre que, tout en multipliant les démonstrations d'inflammabilité des poussières, on s'était trop attaché à des expériences de laboratoire à petite échelle.

Par un heureux concours de circonstances, les

(1) George S. Rice, *The Explosibility of Coal Dust*. U. S. Geolog. Surv. Bull., 425, 1910.

recherches, faites à l'occasion même de l'enquête sur le désastre de Courrières, furent orientées dans une direction plutôt nouvelle. Le Corps des Mines de France, s'autorisant de ses cordiales relations avec le Corps des Mines de Belgique, put disposer de la galerie d'essais construite par l'État belge, à Frameries, et qui, jusqu'alors, avait été surtout utilisée pour l'étude des explosifs antigrisouteux. On put ainsi assister à la naissance et au développement d'un « coup » de poussières, car on opéra dans une galerie découverte ou tout au plus à demi enterrée, où des hublots rapprochés ménageaient la possibilité d'observations continues. Les résultats dépassèrent de beaucoup les espérances, ou pour mieux dire, les appréhensions. Ils furent formidables (1).

Les stations créées depuis lors à l'étranger pour l'étude des explosions de poussières ont presque toutes été dotées de galeries analogues à celle de Frameries. Tandis que la Commission autrichienne aménageait à Rossitz une galerie longue de 294 mètres, mais ensevelie dans un terril, disposition analogue à celle utilisée jadis à Sarrebrück, les stations créées en 1907 à Liévin (Pas de Calais, France), en 1908 à Altofts (Yorkshire, Angleterre), et plus récemment à Pittsburg (États-Unis), consistent en galeries artificielles construites en terrain découvert et accessibles sur tout leur développement. Il en sera de même, je pense, au siège actuellement en construction à Gneisenau (Westphalie, Prusse).

Il n'est pas sans intérêt de faire observer ici que, tout au moins en France et en Angleterre, la construction et l'entretien des stations d'essais sont à la charge exclusive des seuls exploitants de mines. La Mining Asso-

(1) V. Watteyne et S. Stassart, *Courrières et la Boule*, examen comparatif de deux grandes explosions, ANNALES DES MINES DE BELGIQUE XII.

ciation of Great Britain a doté Altofts de 250 000 francs. A Liévin, le Comité Central des Houillères de France n'a pas prévu moins de 350 000 francs de frais de premier établissement, et de 75 000 francs de frais annuels d'exploitation.

Depuis Courrières donc, l'étude expérimentale des explosions ou coups de poussières est entrée dans une voie nouvelle. Elle se fait à grande échelle et dans des conditions qui, tout en étant assez analogues à celles qui sont essentiellement caractéristiques des exploitations souterraines, s'en distinguent cependant en ce qu'elles permettent des observations complètes, détaillées et systématiques. Jusqu'ici ce sont surtout les stations de Liévin et d'Altofts qui ont fourni des résultats intéressants (1).

Encore convient-il de faire remarquer que, sous l'impulsion de M. Garforth, la station anglaise semble avoir eu surtout en vue d'atteindre, dès l'abord, un résultat d'une portée pratique immédiate : l'arrêt des explosions de poussières ; tandis que la station française, sous la direction de M. Taffanel, a voulu ne progresser que pas à pas, en étudiant méthodiquement le mécanisme physiologique du phénomène. Nous suivrons de préférence cette voie. Mais, avant tout, faisons rapidement connaissance avec les stations d'essais.

Nous le savons déjà, le principal instrument qui sert

(1) Pour un exposé sommaire :

Cf. Garforth W. E., *British Coal Dust Experiments*, INTERN. KONGRESS FÜR BERGBAU, usw. Düsseldorf, 1910, Abteil. Bergbau, 88-101.

Taffanel J., *Les expériences françaises sur les poussières de houille*. IBID., pp. 224-233.

Voir aussi la série de rapports détaillés de M. Taffanel publiés en brochures par le Comité central des Houillères de France et reproduits dans les ANNALES DES MINES, et d'autre part le *Record of First Series (1908-09) of the British Coal Dust Experiments*, London, THE COLLIERY GUARDIAN CY, 1910, novembre. Pour résumé Cf. V. Watteyne. *La première série d'expériences anglaises sur la question des poussières*, ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, XVI, 178-191.

aux recherches est toujours une galerie artificielle construite en terrain découvert, de façon à être bien accessible. Le plus souvent on se borne à placer bout à bout des viroles de chaudières qu'on laisse découvertes, comme à Altofts ou à Pittsburg, ou que l'on recouvre de matériaux meubles, comme à Liévin, pour réduire les projections en cas d'explosion et surtout pour donner plus de stabilité à l'ensemble. Le béton armé n'a été adopté à Liévin que pour les 35 premiers mètres. A l'intérieur de ces viroles de chaudières, d'environ deux mètres de diamètre, on établit à des intervalles réguliers des cadres de mines, derrière lesquels on a, dans les débuts, empilé des pierres sèches ; ou bien encore on se contente de planchéier intérieurement la galerie, et de la doter d'un radier.

La galerie de Liévin est rectiligne. Sa longueur, d'abord de 65 mètres, portée dans la suite à 230, puis à 300 mètres, doit finalement atteindre 500 mètres. Jusqu'ici on y a presqu'exclusivement expérimenté en fermant solidement l'une des extrémités, et en amorçant l'explosion à cette extrémité, l'atmosphère de la galerie se trouvant être immobile.

La galerie d'Altofts est au contraire coudée. Le tronçon principal a environ 180 mètres de longueur et le retour 90 mètres. Au delà se trouve une série de coudes qui protègent le ventilateur. A chacun des coudes, la galerie est fermée par des panneaux faisant office de soupapes de sûreté. On provoque l'explosion en un point situé à une distance variable de l'extrémité libre du tronçon principal, la galerie étant ou non parcourue par un courant d'air de sens variable.

Ces quelques mots suffisent pour définir ce que nous entendons par expérimentation à grande échelle. Le sens à attribuer à cette expression se trouvera mieux précisé, quand nous aurons dit que les flammes, qui jaillissent à l'orifice de ces galeries, ont souvent une

longueur qui n'est pas inférieure à 80 mètres et une hauteur de 30 à 40 mètres, que l'ébranlement se ressent à dix kilomètres à la ronde, et que, dans un rayon moindre, on ne compte plus les vitres cassées, ni les plafonds qui se décollent.

Nous saisissons en outre, par la seule comparaison du plan d'installation des deux stations, toute la complexité du problème. Liévin expérimente dans des conditions simples, outrancières, qui rappellent cependant bien les situations existantes, qu'il s'agisse d'exploitations par chambres longues, si fréquentes en Amérique, ou de voies de traçage préparatoires à l'exploitation proprement dite, comme ce chantier Lecœuvre où tous semblent d'accord pour situer l'explosion initiale qui détermina la catastrophe de Courrières. Mais ce n'est là malgré tout qu'un cas spécial.

De longues années s'écouleront encore avant qu'on puisse fixer définitivement la part des divers facteurs : forme et section des galeries, influence du courant d'air, etc. Pour l'instant, nous nous en tiendrons surtout aux poussières elles-mêmes.

Toute recherche méthodique réclame des mesures précises. Construites à découvert, les galeries se prêtent aisément à la pose d'appareils variés. Elles sont toutes munies de hublots régulièrement espacés qui permettent de suivre, jusqu'à un certain point, la marche de l'explosion, ou encore de disposer des instruments spéciaux. Les expériences sont d'ailleurs photographiées ou mieux cinématographiées.

La galerie est, à Liévin, complètement close afin d'éviter les chutes de pression ou les rentrées d'air que provoquerait, comme à Pittsburg, le jeu de soupapes de sûreté, et qui auraient pour conséquence de rendre l'allure de l'explosion assez différente de ce qu'elle serait dans une mine.

Dans ces conditions, on estime la vitesse de propagation de l'inflammation et le volume de la flamme à l'orifice de la galerie ; mieux encore, on détermine, en centièmes de seconde, à l'aide de chronographes enregistreurs, la vitesse de progression de la flamme entre une série de repères échelonnés tout le long du parcours. En même temps on mesure la pression instantanée, on évalue la température, et enfin on prélève des échantillons de gaz. Les appareils employés à Altofts et à Liévin diffèrent quelque peu, mais nous ne pouvons insister sur ce point. Les uns et les autres sont des plus ingénieux, car les phénomènes qu'il s'agit d'étudier sont extraordinairement rapides. La vitesse de l'explosion dépasse parfois 1000 mètres à la seconde, néanmoins les pressions peuvent être évaluées avec une approximation pouvant atteindre 125 grammes par centimètre carré ; elles atteignent souvent 3 kilogrammes, et même 15 et 20 kilogrammes vers l'extrémité libre de la galerie qui constitue, il est vrai, un point singulier ; les mesures de température laissent encore à désirer. Quant aux analyses de l'atmosphère, on est parvenu à faire une prise instantanée de gaz, soit au sein de la flamme, soit en arrière, à telle distance que l'on a voulu. Nous en reparlerons bientôt.

L'organisation de ces mesures entraîne l'érection, à côté de la galerie, de locaux d'observation et d'une série de laboratoires. Ce n'est d'ailleurs là qu'une partie des annexes d'une station, car on compte en outre un atelier de préparation de poussières et une installation de ventilation.

La galerie, ainsi installée, ne reçoit pas en effet une poussière quelconque. Bien que la houille ne soit pas une matière absolument homogène, on cherche à se rapprocher autant que possible d'une expérimentation méthodique en préparant artificiellement, par broyage, de la poussière dont les qualités chimiques et physiques

peuvent être bien définies. Cette poussière est repandue sur le sol et les parois de la galerie par semage en couche aussi régulière que possible. La quantité de poussière par mètre courant rapportée à la section de la galerie, est, au coefficient de soulèvement près, la densité théorique du nuage. Mais ceci suppose évidemment qu'au moment de l'introduction de la poussière la galerie était absolument propre. Il faut donc, après chaque essai, la nettoyer. A Liévin, ce nettoyage se fait à l'aide d'un balai à air comprimé, alors que la galerie se trouve parcourue par un violent courant d'air de sens constant qu'un ventilateur insuffle par une galerie latérale, débouchant à l'une des extrémités de la galerie principale. C'est en vue de la perfection de ce nettoyage que l'on adopte aujourd'hui des sections de galerie aussi simples que possible.

Néanmoins, même dans ces conditions, la préparation d'une expérience est toujours longue. Pour pouvoir obtenir des chiffres permettant de prendre des conclusions, il faut de longs mois, voire des années.

Arrivons-en à l'étude même des explosions de poussières.

Tout coup de poussières comporte deux phases, ou mieux trois.

Déposée sur le sol, la poussière est évidemment inapte à l'inflammation. Il faut, tout d'abord, qu'elle soit soulevée. En second lieu, il faut qu'étant soulevée, elle soit enflammée. C'est là la phase initiale.

Le tout peut se limiter à cela ; dans ce cas, il y a simplement inflammation de la poussière, dans la zone où elle a été soulevée initialement.

Mais il se peut aussi que cette inflammation première soulève de la poussière fraîche dans la zone immédiatement voisine. Cette poussière s'enflamme à son tour. Si le phénomène se répète indéfiniment,

l'inflammation prend alors une allure explosive, plus ou moins nette, et qui, en général, ira en s'accentuant de plus en plus. C'est le coup de poussières généralisé dont l'allure progressive, vertigineuse et formidable est telle que, durant longtemps, on n'a pas connu de barrière capable de lui résister.

Les explosions lentes et localisées sont au contraire qualifiées, aux essais, de ratés d'inflammation.

Pour réaliser une expérience, après avoir garni la galerie de poussières d'après un plan déterminé, variable suivant le but poursuivi, on provoque donc le soulèvement et l'inflammation des poussières soit en deux temps, comme à Altofts, soit en un temps par une seule et même action, ainsi qu'il se pratique généralement à Liévin. On observe alors la marche du phénomène. Si le coup de poussières se généralise, on voit surgir de l'extrémité de la galerie un nuage noir que la poussée chasse devant elle. Il est d'autant plus dense que la poussée est plus énergique. Bientôt la flamme surgit à son tour. Rouge, tellement chaude que l'on sent comme une brûlure au visage en l'observant à distance, elle saisit le nuage et l'embrase tout entier. Parfois elle rentre dans la galerie, pour en ressortir tout aussitôt ; enfin elle s'éteint. Généralement la construction robuste de la galerie permet à celle-ci de résister à ces terribles essais. Il est arrivé cependant, tant à Liévin qu'à Altofts, qu'elle se rompe violemment et vole en éclats. Quant aux ravages intérieurs, ils ne se comptent pas.

La première question qui se pose au début de ces études paraît être celle-ci : Quelles sont les relations qui existent entre les qualités physiques et chimiques des poussières et leur degré d'explosibilité ?

Des essais avaient déjà été faits dans ce sens dès 1894 à la galerie de Gelsenkirchen. Ils ont été repris à

Liévin (1). M. le Bergassessor Winkhaus en était venu à conclure qu'au total ce sont les charbons gras, les houilles à coke, dont la teneur en matières volatiles oscille entre 25 et 30 %, qui sont les plus dangereux.

Les essais de Liévin ont établi tout d'abord que les coups de poussières sont d'autant plus faciles à engendrer que les poussières sont plus fines. Le soulèvement est en effet d'autant plus aisé et d'autant plus complet, et, d'autre part, la facilité d'inflammation est d'autant plus grande : aussi la vitesse de propagation de la flamme croît-elle sensiblement. Les premiers résultats obtenus à Pittsburg sont concordants.

La teneur en matières volatiles joue aussi un rôle important. Ce rôle est d'autant plus intéressant à connaître que la teneur en matières volatiles sert à classifier commercialement et les houilles et leurs gisements. Cette teneur, assez constante localement dans une même couche, décroît progressivement, dans un même endroit, au fur et à mesure que les couches sont plus anciennes. Cette question était depuis longtemps à l'ordre du jour ; elle avait fait l'objet de nombreuses recherches de laboratoire, mais il importait de préciser.

Dans le cas de nuages préalablement soulevés, on n'est pas parvenu à Liévin à enflammer des poussières à 11 % de matières volatiles ; au delà de cette teneur, c'est-à-dire dès 15 %, il y a inflammation, et la vitesse de propagation va en s'accentuant. Si la poussière ne se trouve pas déjà soulevée, on a certes des inflammations avec des charbons maigres ou quart-gras de 11 à 15 % ; mais ce n'est qu'à partir de 18 % et surtout vers 24 % qu'il se produit des coups de poussières généralisés. Les premiers résultats obtenus à Pittsburg confirment encore ces conclusions.

(1) Cf. principalement Taffanel, J., *Troisième série d'essais sur les inflammations de poussières*, Paris, Comité Central des Houillères de France, avril 1910.

De ceci l'on peut conclure qu'un certain nombre de charbonnages belges, ceux qui n'exploitent que des maigres ou des demi-gras, et ils sont nombreux, n'ont pas à redouter les coups de poussières du genre de celui de Courrières. Ces catastrophes ne sont à craindre que dans les gisements de charbons à coke ou surtout de houilles à gaz. Les mines du Couchant de Mons, surtout celles de la région centrale, de même que diverses houillères du bord sud des bassins de Charleroi et de Liége, exploitent ces qualités de houille. Il en sera de même des charbonnages actuellement en préparation dans le bassin de la Campine. Là le danger existe et réclame une sérieuse attention.

La teneur en cendres, que l'on peut augmenter par addition et mélange de poussières schisteuses, est, elle aussi, intéressante à considérer. Ce n'est toutefois que lorsqu'elle dépasse 50 % que l'inflammabilité devient notablement plus difficile. Les ratés d'inflammation se multiplient déjà dès 40 %.

La teneur en eau est naturellement trop faible pour pouvoir jouer un rôle influent. Mais on peut la modifier par arrosage. Nous y reviendrons dans la suite.

Pratiquement, les expériences de Liévin démontrent que le risque d'un coup de poussières est très faible si le charbon ne contient pas 18 % de matières volatiles, si les éléments incombustibles constituent au moins les quatre dixièmes du mélange, si le charbon se trouve à l'état de grains de 1 à 2 millimètres avec une très faible proportion de poussières traversant un tamis n° 200 (1), enfin s'il n'y a, en poussières libres, qu'un poids franchement inférieur à 112 grammes par mètre cube d'air (2). Ce poids est insignifiant. Pour une galerie de

(1) Environ 5 625 mailles par cm², le fil de laiton du tissu ayant un diamètre de 60 μ.

(2) Les essais de Pittsburg ont lieu à des densités parfois inférieures à 30 grammes, la teneur en matières volatiles étant de 37 %, cendres déduites.

2 mètres de largeur sur 2 mètres de hauteur, il correspond à une couche uniforme d'un dixième de millimètre d'épaisseur !

Comme l'a fait judicieusement observer M. Taffanel, il semblerait à priori qu'une densité de nuage supérieure à celle de 112 grammes, qui théoriquement correspond à une combustion complète, serait moins favorable et aboutirait à un étouffement de la flamme. L'expérimentation a démontré qu'il n'en était rien. On a pu fortement surdoser et atteindre ainsi la charge de 900 grammes par mètre cube d'air, sans constater l'étouffement. Mais on a noté cependant des vitesses optima de propagation qui, pour les poussières fines et pures de Liévin, correspondent, au taux de soulèvement près, à des dosages de 340 à 610 grammes par mètre cube d'air. En général, le dosage optimum serait d'environ 500 grammes (1). Il n'est donc pas douteux qu'il existe, pour les poussières comme pour les gaz combustibles, une limite supérieure d'inflammabilité, mais en pratique elle est très élevée.

Ces chiffres sont déjà de nature à nous faire considérer les explosions de poussières de houille comme constituant un phénomène de combustion assez complexe. On était jusqu'ici peu renseigné sur les faits, mais, grâce aux recherches si méthodiques de M. Taffanel, un coin du voile vient d'être levé.

Pour en arriver à déchiffrer le mécanisme de la combustion, il se trouvait tout indiqué de comparer d'abord la constitution chimique des poussières avant et après l'explosion. Mais il importait surtout de connaître les variations de composition de l'atmosphère même de la galerie. L'examen physique des poussières cokéfiées paraît moins important (2).

(1) Il est de 75 à 100 grammes par m³ d'air à Frameries pour des charbons à 20-22 % de matières volatiles.

(2) Cf. Rice, *op. cit.*, pl. II, III et IV.

De la comparaison de composition des poussières avant et après l'explosion, on a pu conclure qu'il y avait appauvrissement de la teneur en matières volatiles et enrichissement en cendres et en humidité. En général l'appauvrissement en matières volatiles est, pour un même charbon, d'autant plus sensible que le dosage est plus faible. D'autre part, le poids de résidu croît avec le dosage.

Mais c'est l'analyse des gaz de l'atmosphère de la galerie, prélevés soit dans la flamme même, soit à une certaine distance en arrière d'elle, qui a réellement permis de saisir le mécanisme de la combustion des poussières. Ne pouvant insister sur l'élégante méthode de calcul à laquelle a eu recours M. Taffanel, nous nous bornerons à dire qu'elle a permis de bien mettre en évidence l'important rôle joué par les matières volatiles. Ce sont elles qui interviennent en tout premier lieu et d'autant plus fortement que le dosage est plus élevé.

Au dosage optimum, aussitôt après le passage de la flamme, l'atmosphère ne contient plus que de 2 à 1 °/₀ d'oxygène et parfois moins encore. Il se forme tout d'abord beaucoup d'anhydride carbonique et relativement peu d'oxyde de carbone. Mais, dans la suite, la proportion se renverse : à 10 mètres en arrière de la flamme, la teneur en oxyde de carbone n'est pas inférieure à 6 °/₀. Les matières volatiles continuent d'ailleurs à se dégager ; ce qui n'a rien de surprenant, puisque la cokéfaction est une opération exothermique (1). C'est la réaction des poussières incandescentes, et peut-être des matières volatiles fraîchement

(1) A Altofts on s'est appliqué jusqu'ici, d'après le rapport publié (p. 123), à l'étude de phénomènes élémentaires, notamment à l'analyse fractionnée des gaz qui se dégagent au cours d'une cokéfaction, ou encore lorsque le charbon se trouve brusquement saisi par un échauffement notable. Nous ne croyons pouvoir aborder ici l'étude de ces questions trop spéciales.

dégagées, qui a pour conséquence la réduction de l'anhydride carbonique en oxyde de carbone.

Lorque l'on assiste à Liévin à l'une de ces expériences grandioses, on est saisi d'effroi à la vue de l'embrasement du nuage de poussières. Mais pour qui sait ce qu'est l'oxyde de carbone, la révélation de cette teneur de plus de 6 °/₀, que nous font les chimistes, est peut-être plus terrifiante encore. Devant cette flamme rouge sombre, violente, qui, sortant de la galerie, vient embraser le nuage avec une rapidité foudroyante, on songe à la mort tragique, mais soudaine de ceux qu'elle saisit. Mais le coup de poussières ne ravage pas la mine entière. Pour une cause ou pour une autre, il s'arrête. Que se passe-t-il alors ? Que la ventilation ait subsisté malgré tout ou qu'on la rétablisse, le courant d'air va reprendre les produits de l'explosion, et les disperser dans la mine, dans toute la mine, même dans les quartiers non ravagés. Or, en viendrait-on à diluer à soixante fois leur volume les gaz remplissant les galeries qui ont été le théâtre du coup de poussières, cette atmosphère serait encore traîtreusement mortelle. A la teneur d'un dixième pour cent, l'oxyde de carbone annihile en effet nos facultés locomotrices en deux ou trois heures. Si le secours ne vient pas promptement, c'est sûrement la mort. Encore faut-il ajouter que la présence de ce gaz est des plus difficiles à constater (1). Si bien que les mineurs, qui auraient échappé au coup de poussières proprement dit, courent grand risque d'en être malgré tout victimes. En outre ceux-là qui voudraient se porter à leur secours, doivent s'entourer de multiples précautions, s'ils ne veulent pas payer de leur vie leur fraternel dévouement. Il est vrai que, depuis la mémorable inter-

(1) Voir à ce sujet une intéressante expérience d'Altofts, in *The first Series...*, *op. cit.*, p. 166.

vention des sauveteurs de Schamrock à Courrières, la construction des appareils pour milieux irrespirables a beaucoup progressé. Ce fut à un point tel que l'Administration des Mines de Belgique n'a pas craint d'en rendre l'usage obligatoire dans les mines les plus dangereuses du pays. Néanmoins, le nombre des victimes indirectes des coups de poussières restera toujours bien élevé, voire même supérieur à celui des victimes immédiates.

A présent que nous connaissons un peu plus intimement le mécanisme des coups de poussières, revenons-en à leur phase initiale, de loin la plus intéressante. Elle comporte, avons-nous dit, deux temps, savoir le soulèvement du nuage de poussières et l'inflammation de ce nuage.

Pour qu'il y ait explosion franche, coup de poussières généralisé, il faut que le soulèvement initial soit violent. Plus violent il sera, plus la vitesse de propagation de l'explosion sera grande, toutes autres conditions restant égales. D'autre part, la comparaison des expériences de Liévin et de Pittsburg établit nettement que la densité minima nécessaire pour la production d'un coup de poussières est d'autant plus faible que le choc initial est plus violent.

Il n'y a en cela rien qui doive nous étonner. Nous avons dit qu'un coup de poussières est un phénomène à allure progressive, s'il se poursuit dans un milieu homogène. La phase initiale est évidemment déterminante.

Telles sont, à un point de vue général, les conclusions qui se dégagent des récentes recherches sur le mécanisme des coups de poussières. Il en est d'autres d'une portée pratique plus immédiate. Nous y reviendrons bientôt. Mais la logique réclame que nous examinions

d'abord quelques questions plus simples, tout au moins en apparence, et aussi plus fondamentales.

L'inflammabilité des poussières de houille, leur explosibilité même sont aujourd'hui établies de manière telle que toute contestation est impossible. Leur intervention effective dans certaines catastrophes, qui se distinguent par leur extension formidable, se trouve elle-même démontrée à la fois par ces expériences et par les faits relevés au cours des enquêtes. La question se pose donc : Comment empêcher le renouvellement de semblables accidents ?

L'idée qui se présente tout d'abord à l'esprit est celle-ci : supprimer la production de poussières. Peut-être l'expérience journalière qu'a un chacun de la lutte contre la poussière dans les villes, fera-t-elle aussitôt rejeter cette proposition comme étant purement théorique. Mais on retiendrait certainement avec plus de bienveillance ce projet moins absolu : réduire à un minimum la production de poussières dans les mines.

La production de poussières de houille commence au chantier à l'occasion de l'abatage ; elle s'y continue avant et pendant le chargement des wagonnets, de façon variable suivant l'ouverture et la pente de la couche, et encore suivant la méthode d'exploitation adoptée, elle se poursuit durant le transport, sur les voies horizontales ou en pente, elle s'achève durant la translation dans le puits et le culbutage des wagonnets à la surface. En un mot, elle se réalise dans la mine entière, sauf dans les voies de retour d'air, mais elle se réalise de façon variable. Encore le courant d'air, de sens régulier, a-t-il pour effet de déplacer partiellement les zones en les reportant vers l'amont.

Les situations peuvent évidemment varier beaucoup. Il est à souhaiter que nous ne tardions pas à posséder de nombreux documents du genre de ceux que

M. Morin a récemment publiés au sujet des mines de Liévin (1).

Dans ces exploitations par tailles chassantes de couches minces ou moyennes, la quantité de poussière au chantier est très variable. Il en est de même de sa qualité. En amont des chantiers, les voies de retour d'air sont poussiéreuses sur 300 mètres environ. La proportion de fin, traversant le tamis n° 200, est de 25 à 10 %, et la teneur en cendres, de 20 % aux environs de la taille, atteint bientôt 50 % et au delà.

Sur les galeries intermédiaires de transport, il y a peu de fine poussière ; mais dans les galeries inférieures, où le roulage se fait par chevaux, la proportion de fin est de 30 à 40 %, et la teneur en cendres de 50 à 60 %. Ce sont donc bien les chantiers surtout, et aussi les voies de roulage, qui sont particulièrement intéressants.

Quant à l'apport de poussières par le courant d'air entrant dans le puits, poussières qui proviennent en grande partie du triage et du culbutage, il est relativement faible : 172 kilogs par poste de 10 heures dans le cas considéré, qui est remarquablement défavorable.

Pour ce qui est de l'abatage, les recherches comparatives, faites en Amérique sur les haveuses mécaniques et le travail à la main, n'ont pas fourni de conclusions bien certaines. Les procédés semblent équivalents (2).

Mais une méthode d'abatage récemment perfectionnée en Westphalie, et dont certains essais semblent très satisfaisants, pourrait bien fournir une solution presqu'absolue du problème (3). Dans ce système, la

(1) Morin L. *Expériences sur les dépôts de poussières dans les travaux de la Société houillère de Liévin.* ANNALES DES MINES, 10me série, XIX, 29-48.

(2) Cf. Rice, *op. cit.*, p. 31.

(3) Trippe. *Ueber Stosstraenken und hydraulische Kohlensprengung in Steinkohlen flötzen nach dem Verfahren des Geheimen Oberbergrats Meissner.* INTERN. KONGRESS FÜR BERGBAU U. S. W. Düsseldorf, 1910. Bergbau, 234-245. Meissner. *Neuere Erfahrungen mit den Stossträukverfahren auf der Zeche Consolidation.* GLUCKAUF, XLVII, n° 27.

couche de houille est régulièrement perforée de trous de sonde dans lesquels on injecte de l'eau sous une pression de 25 à 40 kilogrammes par centimètre carré. Le charbon se trouve ainsi régulièrement imprégné d'eau dans toute sa masse, pour autant qu'il ne soit pas « cannelcoalique », c'est-à-dire à ciment compact ; si bien que ni à l'abatage, ni dans le transport, il ne produit de poussières ; de plus, dans certains cas, la seule pression hydraulique a suffi pour réaliser l'abatage.

Cette solution est évidemment intéressante, mais il résulte clairement des discussions dont elle a été l'objet au Congrès de Düsseldorf, que ses limites d'application seront restreintes.

La production de poussières dans les transports est évidemment très variable. Elle est maxima dans le cas de transports mécaniques à grande vitesse, les chocs plus violents ayant pour conséquence d'accentuer les bris. Cependant on signale comme très remarquable le dépoussiérage des voies sur lesquelles circulent des locomotives à air comprimé à haute pression (de 50 à 100 kilogrammes par centimètre carré) en service depuis peu dans certains charbonnages allemands, français et belges. Il y a lieu de veiller surtout à l'étanchéité des caisses de berlaines et, à fortiori, d'exclure ces wagonnets légers, encore en usage dans certains bassins anglais, et où les blocs de houille se trouvent empilés dans une cage à claire voie.

On prend d'ailleurs soin, dans un grand nombre de mines, de fixer sur les blocs de houille la poussière qui pourrait s'y trouver déposée, en aspergeant le wagonnet au moment où, amené du chantier par un ouvrier, il va s'engager sur les voies principales où le transport est plus rapide et la ventilation plus énergique. Parfois on renouvelle cet arrosage au moment où le wagonnet passe au puits d'extraction, dans lequel la vitesse de

translation d'une part et celle du courant d'air d'autre part s'augmentent encore, ce qui fait craindre un départ des poussières.

Quant à la production de poussières dans les triages aux abords des puits, poussières que le courant d'air de ventilation reprend et transporte dans les travaux souterrains, il est aisé de la rendre inoffensive, en éloignant les ateliers de triage et de préparation.

En résumé, non seulement la production de poussières de houille est inévitable dans les mines, mais encore est-il difficile de la réduire au delà d'un certain quantum, et dans l'abatage et dans le transport. Il existe cependant une espèce d'élimination automatique. Au chantier, les poussières, qui ne sont pas entraînées par le courant d'air vers les voies de retour, sont incorporées au remblai, par suite de l'avancement journalier des travaux, et se trouvent ainsi immobilisées. Dans les galeries de retour d'air et d'aérage, les travaux de réparation, particulièrement les remises à section et le nivellement périodique de la voie, conduisent également à l'évacuation régulière d'une grande quantité de poussières. D'autre part, la poussière s'altère assez rapidement. Les études de M. Fayol sur les charbons de Commentry ont élucidé depuis longtemps le mécanisme de ce phénomène d'oxydation lente. De récentes recherches faites à Altofts ont montré que la teneur en matières volatiles de la poussière recueillie dans les travaux n'était que de 20 à 25 %, alors que celle de la poussière fraîche, préparée artificiellement, était de 33 %. La teneur en cendres, variant en sens inverse, avait passé de 5,5 à 26,5 et même à 36 %.

La poussière est donc inévitable. Dès lors, comment la rendre inoffensive ?

Ici, deux systèmes s'offrent à nous. Nous pouvons tenter de rendre la poussière inoffensive soit en cher-

chant à modifier ses qualités, soit en supprimant les causes d'inflammation.

Le danger est trop réel et trop formidable pour qu'on puisse négliger quoi que ce soit. Nous aurons donc recours à tous les moyens possibles. Nous accumulerons les précautions. Nous attribuerons toutefois une importance prépondérante aux mesures qui consistent à réduire à la dernière limite les causes d'inflammation. Cette théorie est celle qui a de tout temps été en honneur à l'Administration des Mines de Belgique. M. l'Inspecteur général des Mines V. Watteyne, chef du service des accidents miniers et du grisou, l'a rappelé récemment encore (1).

Quelles sont donc les causes d'inflammation des poussières de houille ? Ces causes peuvent être indépendantes du soulèvement préalable du nuage poussiéreux, ou bien elles peuvent réaliser simultanément et le soulèvement du nuage et son inflammation.

L'expérimentation n'a pas encore dit son dernier mot sur ce chapitre ; mais elle a déjà fourni d'importants résultats. L'étude critique des accidents a fourni elle aussi d'intéressantes données.

Les causes d'inflammation qui réclament un soulèvement préalable du nuage sont peu nombreuses : ce sont les flammes découvertes, qui pratiquement sont représentées par les appareils d'éclairage à feu nu. A la mine Middleton, en Angleterre, le 2 septembre 1907, un morceau de mèche tombant d'une lampe allumée a enflammé le nuage qu'avait soulevé un convoi de berlaines circulant en sens inverse du courant d'air dans une galerie très poussiéreuse. Mais l'inflammation a été limitée et n'a pas dégénéré en explosion. Ce n'est pas cependant que cette transformation d'allure soit impos-

(1) V. Watteyne, *Quelques mots sur la question des poussières au Congrès de Düsseldorf*, Annales des Mines de Belgique, 1910, XV, 1365-1380.

sible. L'expérimentation le démontre. D'ailleurs en Amérique, à la houillère de Monongah, une explosion généralisée semble avoir eu pour origine l'inflammation à un arc électrique du nuage soulevé par une dérive de berlaines sur un plan incliné.

Les causes de soulèvement et d'inflammation simultanés sont elles-mêmes des explosions : tir de mines ou plus généralement déflagration ou détonation d'explosifs, explosion de grisou ou encore explosion de gaz inflammables provenant d'incendies souterrains. C'est par la détonation dans un mortier, sans bourrage, d'une charge de dynamite de 160 grammes qu'il est de règle d'amorcer les coups de poussières à la galerie de Liévin. A Altofts, l'explosion d'une première charge, insuffisante pour enflammer les poussières, a pour but de les soulever. C'est le tir d'une seconde charge, deux secondes plus tard, qui provoque l'inflammation et l'explosion.

M. Taffanel considère comme minime la probabilité d'un coup de poussières naissant par l'inflammation au contact d'une lampe (1), car elle réclame le soulèvement préalable d'un nuage dense et volumineux. Mais cette probabilité n'est pas nulle. Le remède est d'ailleurs facile, car la proscription des lampes à flamme découverte ne soulève pas de sérieuses difficultés. La lutte contre le grisou a depuis longtemps fourni à cette question une solution satisfaisante (2). Même si les lampes à flamme protégée étaient dangereuses, ce qui est possible, mais non prouvé, la faveur sans cesse grandissante dont jouissent à présent les lampes électriques portatives serait d'ailleurs de bon augure.

La probabilité d'une explosion de grisou tend à devenir de plus en plus faible, étant données les

(1) Troisième série d'essais, *op. cit.*, p. 61.

(2) Pour détails, voir notre article : *Le grisou*, REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1907.

mesures multiples dont cette question a fait l'objet. Je ne puis y revenir, car les progrès réalisés durant ces dernières années sont d'ordre trop technique.

Quant au danger d'inflammation des poussières par les explosifs, il est, peut-on dire, capital. Les explosifs sont également dangereux pour les poussières et pour le grisou. Aussi avons-nous déjà eu l'occasion d'exposer cette question avec quelques détails dans notre précédent article. Nous insisterons cependant, car l'expérience a prouvé de façon éclatante que la solution radicale adoptée dès 1895 en Belgique était la plus logique et la plus sage.

Les explosifs sont des auxiliaires éminemment dangereux. Il faut, autant qu'on le peut, restreindre leur emploi dans les exploitations souterraines. Le règlement belge de 1895 a interdit le minage en veine dans toutes les mines grisouteuses, sauf dérogations accordées moyennant des prescriptions spéciales, variables suivant les cas. Il a proscrit l'emploi d'explosifs pour le coupage des voies de façon d'autant plus formelle qu'il s'agit de mines plus franchement grisouteuses. L'emploi d'explosifs pour le creusement de galeries au rocher reste seul permis dans tous les cas.

On pourrait certes objecter que ces prescriptions ont pour base le classement des houillères belges d'après le caractère plus ou moins grisouteux de leur gisement, et non d'après leur caractère poussiéreux. Encore qu'il ne soit nullement prouvé que les instigateurs de cette réglementation n'aient pas eu en vue le danger des poussières, pourrait-on répondre qu'en fait, en Belgique, les charbonnages les plus grisouteux sont parmi les plus poussiéreux. Reprenant la question point par point, nous verrons d'ailleurs que cette limitation progressive de l'emploi des explosifs est des plus logiques.

C'est dans les chantiers, et plus exactement dans les tailles, que la poussière charbonneuse est à la fois la

plus pure et la plus abondante. C'est donc le minage « en veine », qui a pour but l'abatage de la couche de houille, qui est manifestement le plus dangereux. Par contre, dans les galeries au rocher, qui d'ordinaire constituent des travaux indépendants, sans relation directe avec les chantiers, la poussière combustible n'existe pas ou se trouve noyée dans une quantité importante de poussière schisteuse. Ce n'est que lorsqu'une semblable galerie vient à rencontrer sur une certaine longueur une couche de houille, que le danger peut exister. On se trouve alors plus ou moins dans le cas de minage pour bosseyement ou coupage de voie, c'est-à-dire pour la mise à section d'une galerie ouverte dans une couche de houille mince, dont l'ouverture est trop faible.

Le minage en veine n'est presque plus pratiqué en Belgique, parce que la plupart des exploitations importantes y sont classées comme mines grisouteuses. Il est loin d'en être de même à l'étranger. C'est l'abus du minage en veine, dans des conditions souvent stupéfiantes, qui a valu aux mines américaines les nombreux désastres de ces dernières années.

Divers exploitants belges ont, il y a beau temps déjà, renoncé spontanément à l'emploi d'explosifs pour le coupage des voies ou le percement de galeries à travers bancs au voisinage des couches de houille. Ainsi le danger d'inflammation des poussières par les explosifs se trouvait radicalement supprimé. Les nécessités économiques et aussi les nécessités techniques, notamment l'amélioration de la ventilation qui ne se réalise qu'au prix d'une augmentation de la section des galeries, ont toutefois contraint certains d'entre eux à revenir en arrière, et à développer l'emploi des explosifs.

C'est que l'explosif est pour le mineur un auxiliaire précieux. Introduit dans la roche, il y développe un effort d'autant plus décisif que son action se produit au

sein même de la masse. Là où les forces humaines ne seraient venues que lentement à bout des résistances naturelles, l'explosif fait merveille. Il faut donc un réel courage pour se décider à se passer d'un agent aussi actif, et il semble bien permis de concilier toutes choses en cherchant à lui donner une forme sous laquelle il pourrait être employé sans grand risque, en présence du grisou ou des poussières.

Nous nous sommes déjà expliqué sur cette question au sujet du grisou (1). Bornons-nous à dire que les études expérimentales, notamment celles qui n'ont cessé de se poursuivre à la galerie installée à Frameries par le Gouvernement belge, ont établi qu'il existe des explosifs qui peuvent détoner en présence d'un gisement éminemment poussiéreux sans en provoquer l'inflammation, et ce, sous des charges qui, pratiquement, sont assez élevées, c'est-à-dire permettent de réaliser un travail courant. Mais l'expérience a établi en outre qu'il existait pour chaque type d'explosif, dans ce cas comme dans celui du grisou, une charge au delà de laquelle il y aurait chance d'inflammation ou d'explosion des poussières. C'est ce qu'on est convenu d'appeler la charge limite.

On sait encore que cette charge limite varie, notamment, avec la section des galeries. Elle diminue même plus rapidement que la section. Il est d'ailleurs d'autres facteurs dont le rôle n'est pas encore complètement élucidé (2).

Quoi qu'il en soit, nous retiendrons que des recherches scientifiques sont actuellement engagées pour rechercher les explosifs que l'on peut, avec le moindre danger, faire détoner en présence des poussières de

(1) *Loc. cit.* juillet 1907.

(2) Watteyne et Bolle. *Expériences sur les variations de charge limite des explosifs suivant la section des galeries.* ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, XVI, 289-311.

houille, et qu'en pratique on classe ces explosifs suivant leurs charges limites, définies en charges équivalentes comme travail d'un explosif type, afin de tenir compte de leurs puissances variables. Les résultats acquis dès à présent sont importants ; ils ont permis notamment, en Belgique, de reviser la liste des explosifs S. G. P. (Sûreté Grisou Poussière), dont l'emploi est seul autorisé en cas de dérogation au règlement, et dont les exploitants belges, tout au moins dans les bassins de Liége et du Borinage, font spontanément un usage de plus en plus étendu (1). Ainsi se trouve renforcée la sécurité des mines.

L'emploi des explosifs dans les mines poussiéreuses n'en restera pas moins une source immédiate et permanente de dangers. Une condition primordiale de sécurité est que la mine travaille effectivement et ne fasse pas canon, se bornant à projeter son bourrage sans disloquer la roche que l'on se propose d'abattre. Pour cela, il faut qu'elle soit orientée de manière à pousser au vide, et non pas à éclater en pleine masse. Dans le cas de la houille, on prépare en général une face de dégagement, en entaillant la couche suivant la stratification, en faisant un havage. Mais ce desserrement devra être suffisamment profond. C'est dans la pratique du tir « *off the solid* » qu'il faut rechercher la cause des nombreuses catastrophes survenues durant ces dernières années aux États-Unis. La question du bourrage est, elle aussi, intéressante. Les essais organisés pour déterminer la charge limite se font, il est vrai, dans un mortier, sans bourrage, et il reste entendu que, dans la pratique, les fourneaux de mine recevront toujours un bourrage soigné, de telle sorte qu'on aura chance de se trouver dans des conditions plus favorables que dans l'expérimention en galerie,

(1) Cf. Watteyne et Breyre. ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, XVI, 3e livraison.

puisqu'un bon bourrage empêchera la projection violente des gaz chauds, produits de l'explosion. En outre, les règlements interdisent d'utiliser pour le bourrage des matières charbonneuses, dont la seule projection provoquerait la formation d'un nuage poussiéreux. Certains exploitants, allant plus avant dans cette voie, emploient même des bourrages humides.

Mais en fait, il est toujours difficile de faire comprendre aux agents subalternes, chargés de contrôler l'usage des explosifs, qu'il ne faut, sous aucun prétexte, enfreindre les règles établies, qu'il faut proscrire tout tir en dehors d'un fourneau, notamment pour désancrer les cheminées d'exploitation où le charbon s'est accumulé. L'étude des accidents établit clairement combien est délicate à ce point de vue la mission de ceux qui sont chargés de la direction ou du contrôle des exploitations souterraines. N'a-t-on pas vu certain boute-feu qui, désirant s'éviter l'ennui de rapporter à la surface les cartouches inutilisées et de les déposer, à la fin du poste, au magasin d'explosifs, les détruisait en les faisant détoner librement, après les avoir placées sur le sol de la galerie ? Or, il se trouva que, dans une occasion, il pratiqua cette destruction en plein chantier, dans un endroit poussiéreux. Une inflammation s'ensuivit, qui fit heureusement peu de victimes, parce qu'elle ne trouva qu'un faible champ de propagation. Mais si, d'aventure, cet agent vicieux avait été s'engager dans un charbonnage voisin du même bassin et y avait continué cette détestable pratique, il aurait pu devenir l'auteur d'une formidable catastrophe, car, là, la poussière était abondante et le charbon plus gras.

Le mode d'amorçage n'est d'ailleurs pas indifférent. La méthode d'expérimentation en usage à la galerie d'Altofts suffit pour s'en rendre compte. Il faut, dans le cas de tir de plusieurs mines, que la mise à feu soit absolument simultanée, sinon l'on risque de voir la

première mine soulever un nuage de poussières que la seconde aura moins de peine à enflammer, ainsi qu'il résulte clairement des expériences de Liévin. Cette inflammation initiale aura d'ailleurs plus de chances d'être importante ; on courra donc plus de risques de lui voir prendre une allure explosive.

La mise à feu électrique permet jusqu'à un certain point de réaliser l'instantanéité du tir, mais à la condition que le couplage des mines soit fait en tension, et non en quantité.

Signalons encore à ce sujet, un ingénieux système de mise à feu des mines, en usage dans un important charbonnage américain (1). Ainsi qu'il est de règle dans ce pays, où la main-d'œuvre est chère, on fait largement emploi d'explosifs dans cette exploitation. Le minage en veine y est régulier. Mais, contrairement à l'usage, on ne mine pas durant le poste. Lorsque les travaux de la journée sont terminés, on relie tous et chacun des fourneaux à une canalisation électrique spécialement installée. Les chefs boute-feu ferment progressivement les interrupteurs, en se rabattant vers l'entrée de la mine. Ce n'est que lorsqu'ils sont eux-mêmes sortis des travaux souterrains, après s'être assurés de la retraite complète du personnel, qu'on lance le courant et que l'on provoque ainsi, en quelques instants, le tir de toutes les mines. Ce système ne supprime pas le danger d'inflammation des poussières, car, vu le nombre considérable de fourneaux, il n'est pas possible de les relier en une série unique. Il existe donc des groupements en quantité, dont le départ n'est pas nécessairement simultané. Mais ce mode de tir évite de façon absolue qu'un coup de poussières puisse être meurtrier, puisque la mine est déserte au moment critique (2). A cet égard, il mérite d'être signalé comme hautement

(1) Cf. V. Watteyne, *La sécurité des mines aux États-Unis*, Ann. des Mines de Belgique, 1909, XIV, p. 3.

intéressant. Notons enfin que les règlements belges ont depuis longtemps prescrit que les travaux de minage devaient se faire en dehors du poste de travail le plus important. En fait, divers exploitants en sont venus à ne miner qu'entre les postes dans les chantiers pour le coupage des voies. C'est un acheminement vers le système américain, dont la réalisation réclame une installation remarquable qui, dans certaines méthodes d'exploitation, serait impossible à réaliser, tant elle serait onéreuse.

Rendre la poussière inoffensive en modifiant ses qualités, tel est le second moyen d'éviter son inflammation, prélude d'une explosion plus ou moins généralisée. Durant longtemps, certains ont cru pouvoir se contenter de poursuivre ce but, sans prêter peut-être autant d'attention qu'elle le méritait à la question de la suppression des causes d'inflammation et surtout à la limitation de l'emploi des explosifs. Il paraît certes plus logique d'appliquer le vieil adage : *principiis obsta.* Mais comme on ne peut, dans cette voie, que se rapprocher d'une solution absolue sans pouvoir jamais l'atteindre, il est néanmoins intéressant de considérer les moyens de rendre la poussière inoffensive là où elle aurait particulièrement chance de s'enflammer.

Les récentes études ont établi que les poussières de houille n'étaient pratiquement plus inflammables lorsque leur teneur en cendres était supérieure à 50 °/₀ ou encore lorsqu'elles étaient humectées d'un poids d'eau égal au leur, mais à la condition de former un mélange boueux.

Depuis longtemps déjà, on avait remarqué que les mines humides n'étaient pas poussiéreuses. A l'exception des gisements flénus, c'est le cas de la plupart de nos charbonnages belges qui ne sont pas classés comme mines à grisou.

Aussi l'humidification artificielle, l'arrosage, a-t-il depuis longtemps été préconisé et réalisé dans un grand nombre d'exploitations sèches, principalement à l'étranger. En Allemagne notamment, il est de règle d'arroser abondamment la couche de houille et les environs de la mine avant le minage en veine. A cet effet, une distribution d'eau se trouve installée dans toutes les voies du charbonnage. Les mêmes précautions ont souvent été prescrites en Belgique dans le cas de dérogation aux règlements pour les travaux de bosseyement.

La schistification de la poussière par addition de stérile ne paraît guère praticable au chantier, car elle aurait pour conséquence une altération sensible de la qualité des produits.

L'arrosage est donc seul utilisé, là où l'on emploie la plus grande quantité d'explosifs en présence d'un gisement de poussières particulièrement dangereux. Il ne laisse pas toutefois d'avoir non seulement des détracteurs, mais d'irréductibles ennemis. On reproche à l'arrosage et son coût élevé et ses effets néfastes. Au contact de l'eau, les roches argileuses gonflent fortement et se délitent. Le terrain devient ébouleux. Sous cette poussée, le soutènement se disloque. La conséquence en est une aggravation du risque d'éboulement déjà si important et une augmentation des frais de boisage. D'autre part, l'évaporation de l'eau rend la mine humide. Aux grandes profondeurs, où règne une température élevée, cette augmentation du degré hygrométrique rend le travail extrêmement pénible. Ceci peut entraîner une réduction de la journée de travail et une diminution de rendement telle, que, eu égard aux frais fixes, l'augmentation du prix de revient soit plus sensible que l'indique une proportionnelle établie sur la constance du salaire journalier. Enfin la présence de l'eau favorise le développement de l'ankylostomasie, cette terrible anémie des mineurs, qui fit,

il y a quelque dix ans, tant de ravages dans le bassin de Liége, mais que des mesures énergiques sont heureusement parvenues à enrayer (1).

L'arrosage a, dans certains districts, été étendu aux voies de roulage. Mais dans ce cas, il ne s'agit plus à proprement parler d'éviter l'inflammation initiale, car les travaux d'entretien et de remise à section de ces voies se font presque toujours sans qu'il soit besoin de recourir aux explosifs. Les chances d'inflammation sont donc minimes. Nous reviendrons dans un instant sur cette question de l'arrosage généralisé.

L'allure des coups de poussières, les récentes expériences à grande échelle l'ont établi à l'évidence, est formidablement progressive. S'il est assez difficile de provoquer une inflammation initiale suffisante pour que le phénomène dégénère en explosion, une fois celle-ci déclanchée, elle semble ne plus connaître de bornes. Ainsi s'explique le caractère particulier des catastrophes de ce genre, à savoir que la mine entière se trouve ravagée. Partie d'un chantier, l'explosion suit la voie de roulage, s'étend jusqu'au puits et remonte, chemin faisant, toutes les voies dans lesquelles se rencontre un *gisement* favorable. La division en quartiers et en chantiers, si efficace en ce qui concerne le grisou, devient ainsi illusoire.

Il importe donc non seulement de prévenir l'inflammation initiale des poussières, mais encore de prendre des mesures telles que si, soit par un concours fortuit et malheureux de circonstances, soit par suite d'une faute ou d'une imprudence du personnel, une inflammation vient à se produire qui se transforme en explosion, celle-ci soit aussi localisée que possible.

Cette délicate question a fait l'objet de recherches

(1) J. Libert, *L'hygiène minière*, Ann. des Mines de Belgique, 1910, XV, 1183-1189.

suivies depuis avril 1908 au siège d'expériences d'Altofts (1). La station de Liévin l'a, elle aussi, étudiée en grand détail, et est arrivée à des conclusions parallèles.

Nous suivrons de préférence l'exposé si méthodique de M. Taffanel parce que, dans l'état actuel des publications, il nous paraît être le plus complet (2).

Un premier moyen, proposé dès 1908 à Altofts, est la création de zones sans poussières ou dépoussiérées. Cette solution est toute théorique, car, si ce n'est peut-être dans les galeries soigneusement bétonnées telles qu'il en existe notamment aux mines de Béthune (3), il est impossible de réaliser un dépoussiérage suffisant.

L'aurait-on obtenu, que le transport continuel par le courant d'air des poussières soulevées par le passage des wagonnets ou la circulation du personnel, aurait tôt fait d'annihiler l'effort tenté. Mais la question était néanmoins intéressante. L'expérience a montré qu'une zone sans poussières de 100 mètres de longueur ne laissait pas passer une explosion développée sur un gisement de 45 mètres de longueur, mais n'arrêtait pas celle qui avait parcouru 70 à 75 mètres de galerie poussiéreuse. Nous trouvons ici la confirmation du caractère progressif des coups de poussières. La longueur de la zone sans poussières devrait être d'autant plus grande que l'explosion aurait pu prendre une allure plus vive.

Depuis longtemps on pratiquait, tant en Angleterre qu'en Allemagne, l'arrosage des voies de roulage. En

(1) Breyre, *La question des explosions de poussières. Les expériences anglaises de la galerie d'Altofts*, Annales des Mines de Belgique, XIII, 1149-1173.

(2) Cf. principalement. Taffanel, *Compte Rendu sommaire des essais sur les inflammations de poussières exécutés de juin 1909 à avril 1910 dans la galerie de 230 mètres*. Comité central des Houillères de France, mai 1910.

(3) Cf. Lombois, Bull. Soc. Ind. Minérale, 1907.

dépit de cette précaution, on avait eu à y déplorer plusieurs coups de poussières généralisés. Aussi la station de Liévin a-t-elle voulu étudier l'efficacité de l'arrosage des zones poussiéreuses pour l'arrêt des explosions. Ses recherches ont mis en évidence l'action modératrice de l'arrosage, mais elles ont également montré que, pour qu'il fût efficace, il devrait aboutir à la formation d'un mélange boueux et être tel que le poids d'eau fût quatre fois supérieur au poids des poussières. Ce sont là des conditions difficiles à réaliser, car un des effets de la ventilation énergique que réclame la lutte contre le grisou est précisement l'évaporation rapide de l'eau au contact du courant d'air, qui s'échauffe dans la traversée de la mine. L'arrosage doit donc être continuel. Un arrêt de 24 heures à l'occasion d'une fête a eu pour conséquence qu'une explosion locale dégénéra en catastrophe dans une mine du bassin de Sarrebrück. L'emploi de sels déliquescents ne permet d'ailleurs pas de tourner cette difficulté, ainsi que l'ont montré des expériences répétées (1). Quant à saturer le courant d'air à son entrée dans la mine par chauffage et injection de vapeur, les essais faits aux États-Unis sont certes intéressants (2), mais cette pratique ne pourrait être généralisée dans les mines profondes sans qu'elle ne produise une aggravation des inconvénients déjà signalés de l'arrosage. Ce système ne peut donc servir d'arrêt efficace à un coup de poussières déjà amorcé; il reste intéressant en ce qu'il réduit les chances d'inflammation initiale; mais, comme nous l'avons vu, celles-ci sont minimes dans les voies de roulage, surtout si l'on fait usage d'un éclairage de sûreté.

Lors d'une catastrophe survenue au « Silkstone pit »

(1) Cf. Morin, *op. cit.*
(2) Cf. Frank Haas *in* Rice, *op. cit.*, p. 150 et suiv.

du charbonnage d'Altofts, le 2 octobre 1886 (1), M. Garforth avait eu l'occasion de constater l'absence de dégâts dans les galeries où la poussière schisteuse était abondante. De là, M. Garforth en vint à l'idée de substituer la schistification à l'arrosage (2). Dès 1908, des expériences furent exécutés dans ce sens à la galerie d'Altofts. Leurs résultats furent des plus encourageants. Les détails publiés sont toutefois moins complets que ceux fournis par la station de Liévin. C'est pourquoi nous tiendrons surtout compte de ces derniers. A Liévin donc, on a étudié tout d'abord l'effet de zones préalablement dépoussiérées, puis schistifiées. On a pu mettre ainsi en évidence l'influence modératrice de la poussière inerte, mais on a constaté que les choses se passaient exactement comme dans le cas de l'arrosage. Il faut une schistification intense pour obtenir un bon résultat. Une augmentation de longueur de la zone d'explosion initiale rend l'arrêt beaucoup plus difficile.

Ces essais étaient d'ailleurs plutôt théoriques et ne constituaient qu'un acheminement plus méthodique des études. On expérimenta ensuite sur des zones de poussières charbonneuses recouvertes de poussières schisteuses, de telle sorte que la proportion de ces dernières fut au maximum de 75 °/₀, ce qui constitue une limite pratique. Même dans ce cas, on ne constate qu'un ralentissement et non un arrêt de l'explosion, alors que la zone d'arrêt a 100 mètres de longueur, pour autant toutefois que l'explosion initiale soit suffisante.

Enfin dans le cas de gisements continus de poussières schistifiées, sauf à l'origine sur quelques mètres, afin

(1) Le plan est donné dans le *Record of first Series of the British Coal Dust Experiments*, pl. XIII, *op. cit.*

(2) M. le Dr Haldane estime que la poussière de schiste utilisée à Altofts ne peut avoir d'effet nuisible sur les organes respiratoires. Cependant, dans certains cas, cette poussière pourrait par ses ravages lents être plus dangereuse que la poussière de houille en cas d'explosion. Cf. *The first Series of Experiments, op. cit.*, p. 119.

d'éviter un raté d'inflammation, il y a encore propagation, parfois violente, aussi longtemps que la proportion de schistes est inférieure à 30 °/₀. A partir de 40 °/₀, la flamme se ralentit progressivement et meurt par insuffisance de soulèvement préalable des poussières.

Toutes ces tentatives n'ayant pas abouti à la découverte d'un système suffisamment efficace, chacune d'elles ayant mis en évidence le caractère progressif des explosions et la difficulté croissante de les arrêter après qu'elles ont atteint un développement suffisant, les recherches ont changé radicalement de direction. C'est dans un système d'arrêt localisé, dans les arrêts barrages, suivant l'expression aujourd'hui classique, que l'on a recherché la solution tant désirée. On n'a plus tenté d'éteindre la flamme en créant une zone sans poussières, à poussières humides ou à poussières inertes. Pour être absolument efficace, semblable zone devrait avoir une longueur exagérée. On a concentré la zone d'extinction pour y étouffer la flamme au passage. Ce système paraît donner des résultats plus satisfaisants. Aussi Altofts et Liévin se disputent-ils l'honneur de la découverte (1). Sans vouloir trancher ici une question aussi délicate, je me bornerai à signaler qu'au cours de sa conférence au congrès de Dusseldorf (2), M. Garforth a projeté sur l'écran quatre photographies de dispositions pratiques de schistification concentrée analogues à certains systèmes expérimentés avec succès dans la galerie de Liévin. Ces essais, en cours à la mine d'Altofts, remontaient en juin 1910, à 18 mois, aux dires de l'orateur. D'autre part, M. Taffanel (3) a fait connaître au congrès la valeur pratique de certains de ces dispositifs. Il a d'ailleurs publié, dès le mois de

(1) Cf. Aiguillon L. *Un mot sur la question des poussières.* BULL. SOC. IND. MINÉRALE., octobre 1910.

(2) Garforth, *op. cit.* Slides, 37a, b. c. d. pg. 95. Ces photographies sont reproduites pp. 116-117 du *Record of first Series*, etc., op. cit.

(3) *Loc. cit.*, p. 232.

mai 1910, le détail de ces essais (1), tandis que nous en sommes encore à attendre sur ce point les conclusions de la station d'Altofts. Quoi qu'il en soit, le monde des techniciens et des industriels sait trop tout ce qu'il doit à la science et au zèle de M. Garforth, de M. Taffanel et de leurs collaborateurs pour ne pas les associer toujours dans l'expression de leur reconnaissance.

Ainsi que l'explique clairement M. Taffanel, l'idée des arrêts barrages est née de cette observation faite lors de tous les essais que la force de soulèvement des chasses d'air, produites par le coup de poussières, et qui précèdent le passage de la flamme, est considérable. On peut utiliser cette force pour mettre en suspension dans l'atmosphère de la galerie une telle masse de matériaux incombustibles que la flamme y meure étouffée.

Dans tous ces essais, le gisement poussiéreux de la galerie était continu.

On a d'abord étudié l'effet d'obstructions partielles produites par accumulation de matériaux sur le sol. Ce ne pouvait être là une solution pratique, car semblable accumulation rendrait le roulage impossible. Mais dans toute recherche méthodique, il importe d'aller du simple au compliqué. Avec des poussières schisteuses suffisamment fines, on est parvenu, grâce à leur soulèvement, à couper net des explosions qui avaient parcouru une longueur de 170 mètres. En outre, on a observé qu'un rétrécissement de section retardait l'explosion, ce qui porte à considérer que l'influence modératrice des coudes brusques et des rétrécissements de galeries est très prononcée. Il appartiendra aux expériences ultérieures de nous fixer plus exactement sur ce point, lorsque la galerie de Liévin aura été dotée d'un embranchement.

On a ensuite accumulé les matériaux derrière un

(1) *Compte rendu sommaire des essais... exécutés de juin 1909 à avril 1910 dans la galerie de 230 m., op. cit.*, p. 31-37.

garnissage sur les côtés de la galerie. Ce système a donné des passages de flamme. Sans doute les matériaux incombustibles ne sont-ils pas saisis suffisamment par les chasses d'air.

Mieux valait, semble-t-il, placer les matériaux sur des planchettes longitudinales disposées en étagères sur les côtés de la galerie, ainsi qu'on l'a réalisé à la mine d'Altofts. On multiplie ainsi les surfaces offertes au soulèvement. Semblable dispositif, de dix mètres de longueur, obstruant de 13 % la galerie, a souvent arrêté le passage de la flamme d'une explosion développée sur 170 mètres, quelle que fût la nature des matériaux incombustibles employés. Dans la plupart des cas, il est complètement démoli. Mais souvent le phénomène se complique. A l'approche du barrage, la flamme se ralentit ; puis elle oscille, et enfin, grâce à une rentrée d'air, elle reprend et franchit rapidement les derniers mètres de la galerie. C'est la distillation tardive des matières volatiles des poussières résiduelles, phénomène sur lequel nous avons insisté plus haut (1), qui semble être la cause de cette reprise violente de l'explosion. On retrouve en effet de volumineuses agglomérations de coke au point de stationnement de la flamme. Dans le cas d'explosions très lentes, il y a également traversée du barrage, parce que les chasses d'air ne parviennent pas à soulever suffisamment les matériaux incombustibles.

Un autre d'entre les systèmes d'arrêts barrages réalisés aux mines d'Altofts, et qui a été étudié en détail à Liévin, consiste en accumulations de matériaux incombustibles sur des planches transversales fixées sous le plafond de la galerie, à des écartements variables. Grâce à l'intervention de la gravité, on espère réaliser ainsi un rideau d'étouffement à déclanchement spontané,

(1) Page 480.

même sous l'influence de chasses d'air peu violentes. Avec dix planches régulièrement espacées sur 10 ou 20 mètres de longueur et chargées au total de 1m³,200 de matériaux, les résultats ont été satisfaisants. Il sera toutefois nécessaire de poursuivre ces essais sur la galerie prolongée pour arriver à des conclusions définitives.

Enfin on a, à Liévin, essayé de substituer aux matériaux schisteux de l'eau contenue dans des bacs disposés sur des planches transversales sous le plafond de la galerie (1). Cette concentration et cette instantanéité de l'arrosage semblaient en effet intéressantes, eu égard aux résultats précédents. Chaque bac contient 25 litres. Les dix bacs étaient espacés d'un mètre. La projection d'eau entraîne la formation d'une boue fluide sur le sol et les parois. Les explosions violentes ont projeté et démoli les bacs. Mais dans ce cas, tout comme dans celui d'explosions lentes, on a constaté un arrêt net de l'explosion au sein du milieu poussiéreux. Au nuage sombre de poussières soulevées par l'explosion, succédait instantanément à l'orifice de la galerie un nuage blanc de vapeur d'eau en voie de condensation.

Tels sont les résultats principaux, actuellement connus, des recherches sur l'arrêt des explosions de poussières. Ils sont des plus encourageants. On peut espérer enfin pouvoir limiter à un quartier de la mine une explosion qui viendrait à y prendre naissance, en disposant de façon satisfaisante des rideaux de poussières incombustibles et surtout des rideaux d'eau à déclanchement automatique et à développement instantané, ou, suivant l'expression admise, des arrêts barrages.

La technique s'est aussi largement préoccupée, durant

(1) Les appréhensions relatives à la nocivité des poussières rendent ces essais particulièrement intéressants.

ces dernières années, de perfectionner et les engins de sauvetage, notamment les appareils pour la pénétration dans les milieux irrespirables, et l'organisation des postes de sauvetage tant à la surface que dans les travaux souterrains. Ce que nous savons de la toxicité de l'atmosphère créée dans la mine par un coup de poussières, qui viendrait à s'y développer en dépit de toutes les précautions prises, suffit pour justifier cette activité. M. Garforth, parlant d'expérience, ne nous affirme-t-il pas que quatre-vingts pour cent des morts à la suite des explosions de poussières sont dues, non pas aux brûlures par la flamme si chaude du nuage incandescent ou encore aux effets mécaniques si formidables de l'explosion, mais bien à l'empoisonnement par l'oxyde de carbone (1).

Nous avons déjà dit quelques mots au sujet des appareils pour milieux irrespirables, dans l'étude que nous avons consacrée au grisou (2).

Constatons cependant que, sous la pression officielle, les mines de tous pays ont été amenées depuis lors à s'équiper méthodiquement (3).

Tel est, à grands traits, l'état actuel des principales études et recherches sur les explosions de poussières de houille.

Pour nous résumer, nous dirons que si, depuis longtemps, on avait mis en évidence le rôle des poussières dans certaines explosions, en attirant l'attention sur les croûtes de coke relevées sur les boisages et encore en faisant remarquer l'absence normale de grisou dans les exploitations ravagées, les expériences à grande échelle

(1) Garforth, *British Coal Dust Experiments*, *op. cit.*, p. 97.
(2) Rev. des Quest. scient., juillet 1906.
(3) Cf. par exemple Stassart et Bolle. *Les appareils respiratoires et la station de sauvetage de Frameries*, Annales des Mines de Belgique.

réalisées durant ces dernières années à Frameries, à Rossitz, à Liévin, à Altofts, à Pittsburg, ont enlevé tout doute sur la possibilité des explosions de poussières et ont nettement établi le danger formidable qui, de ce fait, existait dans les mines de combustibles.

Les explosions de poussières sont d'un déclanchement relativement difficile. Elles réclament un concours de circonstances plus complexe que celui qui suffit à provoquer une inflammation ou une explosion de grisou. C'est ce qui explique leur rareté relative. Mais un coup de poussières est un phénomène d'allure progressive. Une fois déclanché, il semble qu'il ne connaisse plus de bornes. Aussi tout accident de ce type risque-t-il de dégénérer en catastrophe.

Grâce à une expérimentation méthodique, faite à grande échelle, on est parvenu dès à présent à dégager les principaux facteurs qui jouent un rôle important dans le mécanisme des coups de poussières. On a ainsi pu définir les particularités que doit présenter une exploitation pour être effectivement dangereuse. Il appartiendra aux observations futures de nous renseigner plus exactement sur les situations existantes.

Quoi qu'il en soit, on ne peut espérer empêcher de façon absolue la production de poussières combustibles, mais il est possible de la réduire, tant durant l'abatage que durant le transport. Le procédé Meissner mérite une mention toute spéciale.

Il y a lieu de veiller surtout à réduire les chances d'inflammation des poussières, notamment en ne recourant qu'à un éclairage de sûreté, et surtout en combattant, par tous les moyens connus, les explosions de grisou, ou bien encore en restreignant l'emploi des explosifs sauf dans les galeries au rocher, ou tout au moins en n'utilisant dans les chantiers que des explosifs dits de sûreté, introduits dans des fourneaux intelli-

gemment orientés, garnis d'un bon bourrage et amorces de façon convenable.

En outre, comme l'emploi des explosifs de toute espèce n'en constitue pas moins une source immédiate de danger, étant données les erreurs ou les négligences toujours possibles, on pourra accumuler les précautions en modifiant les qualités de la poussière combustible aux environs du fourneau de mine par arrosage ou schistification.

Enfin, pour assurer la séparation effective des chantiers, et éviter qu'une explosion née dans l'un d'entre eux ne ravage la mine entière, ainsi que ce fut trop souvent le cas jusqu'ici, on les dotera d'arrêts barrages d'un des trois types qui, aux essais de Liévin, se sont montrés particulièrement efficaces. Les inventeurs, guidés par ces premiers résultats, commencent déjà à se donner libre carrière. On vient d'imaginer en Westphalie des arrêts barrages d'un type nouveau, dont le liquide est extincteur et non sujet à l'évaporation (1). Quoi qu'il puisse en être de leur valeur propre, nous ne devons y voir que l'indication d'une marche progressive des études remarquables entreprises depuis trois ans.

Cette accumulation de précautions ne peut manquer d'avoir d'heureux résultats. Ceux qui ont été obtenus dans la lutte contre le grisou sont tels que, sans crainte d'erreur, nous pouvons regarder l'avenir avec confiance. La France, qui, depuis la catastrophe de Courrières, survenue après une période de calme si remarquable, s'est distinguée de façon brillante dans les études nouvelles, veut à présent tirer profit des conclusions. Une *Instruction provisoire sur les moyens à employer pour lutter contre le danger des poussières* vient

(1) Cf. ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, XVI, 685-698.

d'être adressée par le Ministre des Travaux publics au Corps des Mines et aux exploitants de concessions de combustible (1). Les premiers essais d'arrêts barrages tentés aux charbonnages d'Altofts ont montré qu'ils étaient économiquement réalisables (2). C'est le début d'une ère nouvelle au cours de laquelle, grâce aux études scientifiques, la sécurité des mines se trouvera renforcée pour le plus grand bien de l'Humanité.

ARMAND RENIER,
Ingénieur au Corps des Mines,
Chargé de Cours à l'Université de Liége.

(1) ANNALES DES MINES (FRANCE) 1911, 40e série, XIX, 333-342. ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, XVI, *685*.

(2) *Record of the First Series, op. cit.*, p. 115 et suiv.

LA

QUOTITÉ DE VIE D'UNE NATION

COMME

INDEX UNIQUE DE SA SITUATION ÉCONOMIQUE ET MORALE

M. A. Julin, Directeur au Ministère de l'Industrie et du Travail, a publié un mémoire très documenté et très intéressant sur *les indices des progrès économiques de la Belgique*, dans les livraisons d'avril et de juillet 1911 de la Revue des Questions scientifiques (t. LXIX, pp. 369-401 ; t. LXX, pp. 100-150). Ces savants articles nous ont remis en mémoire une ancienne étude faite par nous sur un index unique de la situation économique et morale d'une nation, la *quotité de vie*, que nous définirons plus bas. Nous avons été conduit à la considération de cet index, en appliquant le calcul des probabilités aux lois d'accroissement de la population et de la vie moyenne dans les divers pays de civilisation analogue, comme le sont ceux de l'Europe occidentale. Nous donnons ici le résumé de cette étude.

I

POPULATION ; VIE MOYENNE ; QUOTITÉ DE VIE

1. *Population.* On peut admettre, en général, qu'un accroissement de population est, pour un pays, un indice de prospérité matérielle et morale, si des causes fortuites, comme, par exemple, la découverte inattendue de grandes richesses minières, une immigration intense, ne viennent pas troubler la vie normale de la nation.

Depuis trois quarts de siècle environ, des recensements périodiques, faits avec un soin toujours plus grand, font connaître avec précision la population des divers pays de l'Europe occidentale. Ainsi, en Belgique, nous avons eu des recensements en 1829, en 1846, 1856, 1866, 1880, 1890, 1900, 1910. En Allemagne et en France, les recensements se font même de cinq en cinq ans, depuis assez longtemps.

Autrefois, même les gouvernements ne connaissaient que très imparfaitement le nombre de leurs sujets, et des écrivains célèbres, Vossius, par exemple, attribuaient à de grands pays, comme la France ou les Iles Britanniques, un chiffre de population extrêmement réduit faute de données précises pour le calculer.

Il a fallu tout le génie de Vauban et sa profonde connaissance de toutes les parties de la France, pour parvenir à fixer la population de ce pays, en 1700, à 19 094 146 âmes (*Dîme royale*, 2e partie, ch. VII) (1). Dans la préface de ce livre remarquable, il donne 5 175 000 pour le nombre d'hommes « qu'il y peut avoir dans l'Angleterre, l'Écosse et l'Irlande ». Ce dernier chiffre s'accorde avec l'estimation de Macaulay, qui dit,

(1) *L'Annuaire du Bureau des longitudes* de 1911 donne, nous ne savons pourquoi, 19 669 320 pour l'estimation de Vauban (p. 445).

au chapitre III de son *History of England*, en parlant du roi d'Angleterre : « About the same time... the number of his English subjects must have been about five million two hundred thousand ».

Un peu moins d'un siècle après, un manuel élémentaire de géographie qui en était à sa sixième édition en 1793 (*Nouvel atlas des enfants*, Amsterdam, B. Vlam), disait : « La France a 25 millions d'habitants » (p. 43) et « la population des trois royaumes est évaluée à douze millions, dont huit millions en Angleterre, 1 300 000 en Écosse et 2 500 000 en Irlande » (p. 109). L'auteur, au lieu de 12 millions, aurait dû dire évidemment 11 800 000. La France, sous Louis XV, s'était agrandie de la Lorraine.

Ces évaluations ne sont sans doute qu'approximatives (1). Cependant l'estimation de l'*Atlas des enfants* de 1793 est corroborée pour la France par un passage curieux et peu connu, de Laplace, dans sa *Théorie analytique des Probabilités* (Livre II, ch. VI, n° 31, p. 391 de la troisième édition, 1820; reproduit pp. XLV-XLVI de l'Introduction). Nous croyons devoir le citer à cause des renseignements qu'il contient sur un procédé expéditif de recensement employé au commencement du siècle passé :

« L'un des moyens les plus simples et les plus propres à déterminer cette population (d'un grand empire), est l'observation des naissances annuelles dont on est obligé de tenir compte pour déterminer l'état-civil des enfants. Mais ce moyen suppose que l'on connaît à très peu près le rapport de la population aux naissances annuelles, rapport que l'on obtient en faisant, sur plusieurs points de l'empire, le dénombrement exact des habitants, et en le comparant aux naissances correspondantes observées pendant quelques années consécutives : on en

(1) D'après l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1911, p. 445, on évaluait la population de la France, en 1784, à 24 800 000 habitants.

conclut ensuite, par une simple proportion, la population de tout l'empire. Le gouvernement a bien voulu, à ma prière, donner des ordres pour avoir avec précision ces données. Dans trente départements distribués sur la surface de la France, de manière à compenser les effets de la variété des climats, on a fait choix de communes dont les maires, par leur zèle et leur intelligence, pouvaient fournir les renseignements les plus précis. Le dénombrement exact des habitants de ces communes, pour le 22 septembre 1802, s'est élevé à 2 037 615 individus. Le relevé des naissances, des mariages et des morts, depuis le 22 septembre 1799 jusqu'au 22 septembre 1802, a donné pour ces trois années,

Naissances	*Mariages*	*Décès*
110 312 garçons	46 037	103 659 hommes
105 287 filles		99 443 femmes

Le rapport des naissances des garçons à celles des filles, que ce relevé présente, est celui de 22 à 21 ; et les mariages sont aux naissances comme 3 à 14 ; le rapport de la population aux naissances annuelles est 28.325 845. En supposant donc le nombre des naissances annuelles en France égal à un million, ce qui s'éloigne peu de la vérité, on aura, en multipliant par le rapport précédent le dernier nombre, la population de la France égale à 28 352 845. »

La France de 1802 dont parle Laplace s'étendait jusqu'aux Alpes et au Rhin et comprenait, de plus que l'ancienne France, les conquêtes récentes, la Savoie, Nice, la Belgique et le pays rhénan. On remarquera le faible excédent des naissances sur les décès, 12 497 en trois ans, 4166 en un an sur 2 037 615 habitants, soit 1 5 p. °/₀ environ. La population de l'ancienne France

n'avait donc guère dû augmenter pendant les guerres et les misères de la Révolution (1).

Voici encore quelques indications parallèles sur la France (cette fois diminuée de l'Alsace-Lorraine) et les Iles Britanniques (2) :

		FRANCE	ILES BRITANNIQUES.
	1881	37 405 290	33 884 848
	1891	38 343 192	37 888 153
	1901	38 961 944	41 976 827
fin	1910	39 400 000	46 000 000

Les estimations de la dernière ligne ne sont que probables.

Il n'est pas inutile d'observer qu'il ne serait ni raisonnable ni équitable de tirer, de ces données relatives à la France et aux Iles Britanniques, des conclusions sur la prospérité relative des deux nations. Pour les comparer scientifiquement, il faudrait les considérer *avec les colonies* qu'elles civilisent et exploitent à des degrés divers. De 1700 à 1802, la France a perdu une grande partie des siennes, l'Angleterre a, au contraire, considérablement étendu son empire colonial, notamment dans les Indes orientales, au point de ne pas souffrir de la perte des États-Unis. Les deux pays pris à part ne sont plus guère comparables.

2. *Table de mortalité ; vie moyenne.* « La manière de former les tables de mortalité est fort simple », dit Laplace dans l'*Introduction* de son grand ouvrage. « On prend, dans les registres civils, un grand nombre d'individus dont la naissance et la mort soient indiquées.

(1) Dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* de 1911, on donne, pour la population de la France en janvier 1801 et janvier 1806, respectivement 27 349 003 et 29 107 425 habitants, dont la moyenne s'accorde assez bien avec l'estimation de Laplace (p. 445).

(2) Nous empruntons la plupart de ces données à l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, année 1894 et année 1911.

On détermine combien de ces individus sont morts dans la première année de leur âge, combien dans la seconde année et ainsi de suite. On en conclut le nombre d'individus vivants au commencement de chaque année; et l'on écrit ce nombre dans la table à côté de celui qui indique l'année. Ainsi l'on écrit à côté de zéro, le nombre des naissances ; à côté de l'année 1, le nombre des enfants qui ont atteint une année ; à côté de l'année 2, le nombre des enfants qui ont atteint deux années, et ainsi du reste. Mais dans les deux premières années de la vie, la mortalité est très rapide ; il faut pour plus d'exactitude, indiquer dans ce premier âge, le nombre des survivants à la fin de chaque demi-année. »

En réalité, quoi qu'en dise Laplace, il n'est pas simple du tout de faire une table de mortalité pour un pays tout entier, parce qu'il est difficile de recueillir les documents nécessaires pour faire les calculs indiqués plus haut. Ainsi, en Belgique, on n'a guère que trois tables de mortalité ou de survie, celle de Quetelet (1856), celle de Leclerc (1890), enfin celle de la Caisse d'épargne (1901).

« Si l'on divise la somme des années de la vie de tous les individus inscrits dans une table de mortalité, continue Laplace, par le nombre de ces individus, on aura la durée moyenne de la vie qui correspond à cette table. Pour cela, on multipliera par une demi-année le nombre des morts dans la première année, nombre égal à la différence des nombres d'individus inscrits à côté des années 0 et 1. Leur mortalité devant être ainsi répartie sur l'année entière, la durée moyenne de leur vie n'est qu'une demi-année. On multipliera par une année et demie, le nombre des morts dans la seconde année ; par deux ans et demi, le nombre des morts dans la troisième année et ainsi de suite. La somme de ces produits, divisée par le nombre des naissances, sera la durée moyenne de la vie. Il est facile d'en conclure

que l'on aura cette durée, en formant la somme des nombres inscrits dans la Table à côté de chaque année, en la divisant par le nombre des naissances, et en retranchant un demi du quotient, l'année étant prise pour unité. »

On prouve assez péniblement, en calcul des probabilités, que la *vie moyenne* est comprise entre le quotient de la population par le nombre des naissances et le quotient de la population par le nombre des morts. Ainsi en 1802, d'après les données de Laplace, la vie moyenne en France était comprise entre

$$\frac{2\,037\,615}{(103\,659 + 99\,445) : 3} = 30{,}974141$$

$$\frac{2\,037\,615}{(110\,312 + 105\,287) : 3} = 28{,}352845.$$

On peut donc estimer approximativement la vie moyenne en France à cette époque à la moyenne entre ces deux limites, soit

29 ans, 663493

ou 29 ans 8 mois.

En 1881, la vie moyenne en France était de 42,12 ans (1). Au 1er janvier 1901, elle s'élevait à 46,991 03 (2).

Un pareil accroissement de la vie moyenne est évidemment l'indice d'un accroissement considérable de la prospérité de la France depuis 1802.

Voici, sur la valeur de la vie moyenne dans d'autres

(1) Ce renseignement et les suivants à peu près de même date, sauf celui qui se rapporte à la Belgique, sont empruntés à l'ouvrage intitulé *Tables de mortalité ou de survie et table de population* pour la Belgique, par J. M. J. Leclerc (Bruxelles, Hayez, 1893), p. 66. Pour la Belgique, la vie moyenne en 1881 est déduite, par interpolation, des valeurs de cette donnée en 1829, 1856, 1890, 1901.

(2) Nous avons calculé cette vie moyenne, par le procédé classique, au moyen de l'excellente table de mortalité pour la France, insérée p. 493 de l'*Annuaire du bureau des longitudes* pour 1911.

pays, quelques données qui témoignent d'une situation à peu près analogue à ce point de vue à celle de la France vers 1880 :

Allemagne	(1881)	37,02
Hollande	(1879)	39,05
Suisse	(1881)	42,04
Angleterre (1)	(1880)	42,98
Belgique	(1881)	43,17
Suède	(1880)	45,95
Danemark	(1879)	46,5

3. *Quotité de vie.* La population et la vie moyenne varient dans le même sens et avec des accroissements presque proportionnels pour la France, entre les deux dates extrêmes où nous pouvons les comparer. Ailleurs, par exemple en Belgique, comme nous le verrons plus bas, le premier indice de prospérité, la *population*, croît plus rapidement que le second, la *vie moyenne*.

N'y aurait-il pas moyen de tenir compte de ces deux indices à la fois, de les combiner en un indice unique ?

Évidemment. Au fond, l'indice *vie moyenne* est un indice artificiel obtenu en divisant *la somme de la vie de tous les individus d'un pays* par le nombre de ces individus. Cette somme, c'est la *quotité de vie* de ce pays, égale à la population multipliée par la vie moyenne.

Ainsi en 1881, la quotité de vie pour la France est approximativement

37,4 millions d'années × 42,12 = 1575 millions d'années ; en 1901 elle s'élève à

39,4 millions d'années × 46,99 = 1851 millions d'années, donc 276 millions d'années de plus, 13,8 millions de plus annuellement.

La *quotité de vie* est l'index unique de la situation

(1) Angleterre seule, sans l'Écosse ni l'Irlande.

économique et morale d'une nation sur lequel nous voulons attirer l'attention.

Nous disons *morale* aussi bien qu'*économique*. La chose est presque évidente : les défauts et les vices, les qualités et les vertus d'une nation influent, directement ou indirectement, sur la *population* et sur la *vie moyenne* des individus qui la composent, c'est-à-dire sur les deux facteurs de la *quotité de vie*.

Ainsi, la limitation coupable du nombre des enfants dans le mariage, qui sévit plus ou moins dans toute la moitié occidentale de l'Europe, y diminue l'accroissement annuel de la population, malgré la diminution concomitante de la mortalité (1).

D'autre part, l'incurie, le manque d'hygiène des peuples de l'Orient y diminue le facteur *vie moyenne*. Il en est de même dans nos grandes villes : ainsi à Gand, d'après une étude directe de l'âge des personnes décédées en cette ville, en 1904, nous avons trouvé qu'en moyenne elles n'avaient vécu chacune que 35,71 ans, tandis que la vie moyenne en Belgique, à cette date, était 47,47 ans, c'est-à-dire 11,76 ans de plus (2).

II

APPLICATION A LA BELGIQUE

1. *Population. Recensements.* Le recensement de 1829 a donné 4 064 209 habitants pour la Belgique d'alors, qui comprenait le Limbourg hollandais et le Grand-Duché de Luxembourg. En 1838, on a dû céder

(1) Voir le tableau de l'excédent annuel des naissances sur les décès de 1897 à 1908, pour la France, l'Allemagne, l'Autriche, la Hongrie, la Belgique, l'Angleterre, la Hollande, l'Italie, la Norvège, la Suède, dans l'*Annuaire du bureau des longitudes* pour 1911, p. 441.

(2) Voir ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, 1905, t. XXIX, 1re partie, p. 205.

à la Hollande ces deux provinces, dont la population a été estimée, à cette époque, à 331 708 habitants (Leclerc, *Tables*, p. 38). En faisant certaines hypothèses assez plausibles, on peut supposer qu'en 1829, la population de la partie cédée était à peu près de 294 000 habitants et que, par suite, la population de la Belgique actuelle, en 1829, était de 3 770 209 habitants.

Les recensements ultérieurs de la population de la Belgique sont résumés dans le tableau suivant :

1846	4 337 196 habitants,
1856	4 529 560
1866	4 827 833
1880	5 520 009
1890	6 069 321
1900	6 693 548

Par suite, les accroissements moyens annuels sont

de 1829	à 1846	de 33 352	habitants,
1846	1856	19 237	
1856	1866	29 827	
1866	1880	49 441	
1880	1890	54 931	
1890	1900	62 423	

Dans les dix années suivantes, l'excédent moyen des naissances sur les décès a été un peu supérieur à 71 000. On en conclut que la population de la Belgique au 31 décembre 1910 sera probablement d'environ 7 400 000.

La prospérité croissante de la Belgique se reflète assez clairement dans ces tableaux, sauf pendant la période de 1846 à 1856 : la triste famine des Flandres en 1847, avec ses suites, a été la cause d'une forte diminution du taux moyen d'accroissement de la population pendant cette période, comparé à celui de la période précédente ou de la suivante.

2. *Population entre les recensements.* Comme on l'a remarqué depuis longtemps (Leclerc, *Tables*, p. 13), on ne peut se fier aux indications contenues dans l'*Annuaire de statistique*, relativement à la population du pays pour les années où il n'y a pas de recensement : ces indications sont en général trop élevées. On peut les corriger assez facilement au moyen des données plus exactes relatives aux naissances et aux décès, année par année, en défalquant ou ajoutant au besoin le nombre d'habitants nécessaire pour retrouver après dix ans, le chiffre donné par le recensement qui suit celui du point de départ.

Nous avons procédé ainsi pour établir le tableau suivant relatif aux années de 1880 à 1900 ; pour les années de 1901 à 1909, nous avons simplement ajouté successivement, au nombre d'habitants donné par le recensement de 1900, les excédents annuels des naissances sur les décès : nous n'avons pu faire ni défalcation ni addition, pour arriver au chiffre encore inconnu du recensement de 1910.

Accroissements annuels

1880. Recensement	**5 552 009**	
1881	5 567 196	47 487
1882	5 625 900	58 404
1883	5 687 947	62 047
1884	5 743 235	55 288
1885	5 798 876	55 641
1886	5 856 144	57 268
1887	5 906 331	50 187
1888	5 966 501	60 170
1889	6 020 990	54 489

1890. Recensement	**6 069 321**	48 331
1891	6 119 935	50 614
1892	6 173 066	53 131
1893	6 216 858	43 792
1894	6 274 390	57 532
1895	6 337 643	63 253
1896	6 395 510	57 867
1897	6 470 295	74 785
1898	6 547 696	77 401
1899	6 621 160	73 464
1900. Recensement	**6 693 548**	72 388
1901	6 758 291	64 743
1902	6 842 291	84 000
1903	6 918 832	76 541
1904	6 992 458	73 626
1905	7 064 673	72 215
1906	7 133 767	69 094
1907	7 201 154	67 387
1908	7 270 945	69 791
1909	7 332 785	61 840

On ne peut pas ne pas être frappé de la diminution progressive des accroissements annuels dans la dernière période. Elle provient de la décroissance du nombre annuel des naissances : il était en 1901 de 200 077 ; en 1908, il n'est plus que 183 834.

3. *Vie moyenne*. D'après l'ouvrage de Leclerc (*Tables*, pp. 63,65), voici quelles étaient les valeurs de la vie moyenne en Belgique,

en 1829	31,42 ans
1856	38,08
1890	45,06

L'actuariat de la *Caisse d'Épargne et de Retraite* de Belgique a publié, sous le titre *Tables Belges 1904*,

des *Tables de mortalité dressées au moyen des recensements décennaux de 1880, 1890, 1900 et des listes mortuaires des années 1892, 1893,... 1901*, d'où nous avons déduit, par le procédé habituel, la vie moyenne en 1901, savoir 46,973.

Si l'on essaye de représenter, par une expression algébrique simple, la loi d'accroissement de la vie moyenne w depuis 1829, jusqu'à l'année x, on trouve

$$w = 31{,}42 + (x - 1829)\,[0{,}24667 + 0{,}00068\,(x - 1856)],$$

soit que l'on se serve des quatre valeurs données plus haut, soit que l'on néglige la dernière ; cette circonstance plaide en faveur de la régularité de la loi d'accroissement de la vie moyenne.

On déduit de là le tableau suivant des valeurs approximatives de la vie moyenne de 1880 à 1909 :

1880	43,17 ans	1895	45,95 ans
1881	43,36	1896	46,12
1882	43,56	1897	46,30
1883	43,75	1892	46,47
1884	43,94	1899	46,64
1885	44,13	1900	46,81
1886	44,32	1901	**46,98**
1887	44,50	1902	47,14
1888	44,69	1903	47,41
1889	44,87	1904	47,47
1890	**45,06**	1905	47,63
1891	45,24	1906	47,80
1892	45,42	1907	47,96
1893	45,60	1908	48,11
1894	45,77	1909	48,27

Il est à peine nécessaire de faire remarquer que, sauf pour 1890 et 1901, ces valeurs sont hypothétiques ;

elles supposent la loi d'accroissement de la vie moyenne exprimée par la formule donnée plus haut ; elles ne sont pas déduites directement des relevés statistiques. Il est probable que les valeurs données sont un peu trop fortes dans les années où la mortalité dépasse la mortalité moyenne (avant 1896, sauf en 1894), un peu trop faibles dans le cas contraire (en 1894 et à partir de 1896).

4. *Quotité de vie.* En multipliant la population par la vie moyenne, en 1829, 1856, 1890, 1901, on trouve, pour la quotité de vie,

1829	118 millions d'années
1856	172
1890	273
1901	318

L'accroissement annuel est à peu près 2 millions de 1829 à 1856, 3 millions de 1856 à 1890, 4 millions de de 1890 à 1891. De 1829 à 1901, il est en moyenne de 2 3/4 millions.

Voici les résultats analogues, année par année (mais beaucoup plus hypothétiques, puisque l'on ne connaît pas aussi bien le facteur *vie moyenne)* pour la période de 1880 à 1909.

	Quotité de vie	*Accroissements annuels*
1880	238,3 mill. d'années	
1881	241,8	3,5 mill. d'années
1882	245,1	3,7
1883	248,9	3,8
1884	252,3	3,4
1885	255,9	3,6
1886	259,5	3,6
1887	263,8	4,3
1888	266,7	2,9
1889	270,2	3,5

	Quotité de vie	*Accroissements annuels*
1890	273,5	3,3 mill. d'années
1891	276,9	3,4
1892	280,4	3,5
1893	283,5	3,1
1894	287,2	3,7
1895	291,2	4,0
1896	295,0	3,8
1897	299,6	4,6
1898	304,3	4,7
1899	308,8	4,5
1900	313,3	4,5
1901	317,5	4,2
1902	322,5	5,0
1903	327,3	4,8
1904	331,9	4,6
1905	336,5	4,6
1906	341,0	4,5
1907	345,4	4,4
1908	349,8	4,4
1909	354,0	4,2

Accroissement moyen

de 1880 à 1884	3,6 millions d'années
de 1885 à 1889	3,6
de 1890 à 1894	3,4
de 1895 à 1899	4,4
de 1900 à 1904	4,6
de 1905 à 1909	4,4

On est tenté naturellement de rapprocher les résultats relatifs à l'index *quotité de vie*, de ceux que l'index totalisateur a fournis à M. Julin et on le peut dans une certaine mesure. Il y a dans les tableaux qui résument ces données, des dépressions et des maxima qui se

correspondent à peu près ; mais il y a aussi de fortes divergences : ainsi à partir de 1902, l'accroissement de la quotité de vie décroît rapidement, parce que la population belge commence, à partir de cette année, à souffrir de la diminution du nombre annuel des naissances.

Nous dirons, en terminant, avec M. Julin : « Il serait extrêmement intéressant de voir dans d'autres pays que la Belgique, se poursuivre des recherches analogues aux nôtres ». Les recueils officiels sur la statistique de chaque pays devraient contenir, surtout les années de recensement et les années voisines, des renseignements précis sur le nombre des décès à chaque âge, afin de permettre la détermination de la vie moyenne tous les cinq ou tous les dix ans. Il serait aussi très utile de calculer directement la *quotité de vie* des personnes décédées chaque année dans les grandes villes, comme nous l'avons fait pour Gand en 1901.

PAUL MANSION.

LE LANGAGE

Ses anomalies anatomo-physiologiques d'origine encéphalique

I

LES CONDITIONS NORMALES DU LANGAGE

Pour exprimer nos pensées, nous nous servons de sons ou de signes, dont l'emploi ordonné constitue le langage normal parlé ou écrit. Il existe un troisième mode de communication des idées, mais dont l'étude, au point de vue pathologique, a moins attiré l'attention, et dont nous ne voulons pas nous occuper spécialement ici : c'est le langage par gestes.

Pour se rendre compte des conditions anatomo-physiologiques générales dont la réalisation est indispensable à la fonction du langage, le moyen le meilleur est peut-être d'étudier l'évolution même de cette fonction, de voir comment l'homme apprend à parler et à écrire.

Ce qui est requis tout d'abord, c'est évidemment l'intégrité, au moins essentielle, des systèmes de perception qui permettent à l'enfant d'entendre les sons et de voir les signes. Cette intégrité exige le bon état des organes périphériques, des voies de conduction centripètes et des régions encéphaliques où ces voies aboutissent. Lorsque l'enfant chez qui ces conditions sont normalement réalisées entend un son ou lit des

signes, par exemple le mot *père* articulé ou écrit, l'excitation périphérique déterminée par ce mot lu ou entendu, se communique de proche en proche, de la rétine ou de l'organe de Corti, jusqu'à un territoire déterminé de l'écorce cérébrale, qui est, dans chaque hémisphère, pour la voie visuelle, la région du lobe occipital qui entoure la fissure calcarine, et, pour la voie auditive, une partie de la première circonvolution temporale. Cela suffit pour que le sujet prenne conscience d'une impression lumineuse ou sonore, mais d'une impression brute, différente évidemment de l'impression que produirait un autre mot, mais purement organo-physiologique, sans signification aucune pour celui qui entend ou voit (1). La première fois, en effet, que l'enfant entend un son, ce son n'éveille en lui aucune idée de la relation qui existe entre le son produit et l'objet qui produit le son ; la première fois qu'il voit un mot écrit, ce mot n'a pour lui d'autre sens que celui d'une pure juxtaposition de signes particuliers. Quant à la conscience de l'excitation sonore ou lumineuse, elle dure aussi longtemps que dure l'action de l'agent extérieur sur les organes périphériques ; mais il se peut que cette action disparaissant, toute trace de sensation, c'est-à-dire tout souvenir d'impression perçue s'évanouisse aussi, rendant impossible toute reproduction intérieure du mot vu ou entendu. Ainsi en est-il, normalement, pendant le premier mois de la vie extra-utérine. C'est du moins ce qui semble résulter des données comparées de la clinique et de l'embryologie. On admet, en se basant sur ces données, qu'il existe dans l'écorce des hémisphères cérébraux des régions assez nettement distinctes les unes des autres, au point de vue de leur constitution histologique et de leur

(1) C'est dans ce sens que l'on dit de cette perception qu'elle constitue l'*audition proprement dite*, la *vision proprement dite*.

fonctionnement, et qui se groupent en deux variétés : les régions de *projection* et les régions d'*association*.

Les territoires dont nous venons de parler, et où aboutissent, après un certain nombre de relais, la voie acoustique et la voie auditive, font partie des régions de projection. Ces régions, en communication, par des neurones corticipètes, avec les organes des sens, communiquent, d'autre part, au moyen de voies nerveuses de retour (voies de projection), avec les centres nerveux inférieurs, et, par l'intermédiaire de ces centres, avec différents appareils, soit périphériques, soit profonds. C'est par le fonctionnement de ces voies de projection articulées avec les voies afférentes corticipètes, que se produisent les mouvements réflexes consécutifs à une excitation partie soit de la périphérie, soit de la profondeur de l'organisme. Tant que les zones de projection, avec leurs voies corticipètes et corticifuges, sont seules aptes à fonctionner, les autres n'ayant pas encore atteint leur développement normal, il ne peut être question, chez l'enfant, ni de vie intellectuelle, ni de vie morale : tout se borne à des manifestations fatales de vie purement végétative, ou à des phénomènes de défense réflexe. Or, tel est précisément le cas de l'enfant jusqu'au second mois de la vie extra-utérine. Au point de vue qui nous occupe, ses impressions, soit visuelles, soit auditives, ne se compliquent d'aucun élément psychique ; l'ébranlement, après être arrivé à l'écorce cérébrale et avoir déterminé là le phénomène de sensation sonore ou lumineuse, peut tout au plus être le point de départ, en retour, de phénomènes réflexes plus ou moins compliqués. L'audition et la vision ne sont encore, comme nous l'avons dit, qu'une audition et une vision purement physiologiques ; elles se bornent à la *perception brute* de l'impression sonore et de l'impression visuelle.

Les zones d'association se distinguent, *histologique-*

ment, de zones de projection, surtout par cette particularité que les fibres qui les relient aux centres inférieurs sont si peu nombreuses que Flechsig, le premier qui ait attiré l'attention sur ces faits, avait, au début de ses recherches embryologiques, nié leur existence. Quoi qu'il en soit de ce point, ce qui caractérise *fonctionnellement* les éléments d'association, c'est que leur entrée en activité rend possibles les opérations de l'entendement et de la volonté.

« C'est dans les centres d'association que toute sensation perçue laisse une empreinte ineffaçable qui constitue le souvenir. C'est là que ces sensations sont comparées entre elles et comparées à des sensations antérieures. C'est là que l'esprit trouve les éléments indispensables à tous les actes de la vie intellectuelle ou psychique. Ces centres sont, en définitive, dans le cerveau de l'adulte, le substratum anatomique de ce qu'on appelle expérience humaine, savoir, connaissance, langage, sentiments esthétiques, moraux, etc. (1). »

Grâce à l'élément nouveau du *souvenir*, le sujet qui a vu ou entendu un mot, non seulement a eu conscience de le voir ou de l'entendre, aussi longtemps qu'ont duré les excitations visuelles ou acoustiques, mais un phénomène nouveau s'est surajouté à celui-là : quand les excitations sensorielles ont cessé, le sujet voit encore la forme des lettres du mot écrit ; il entend encore le son du mot articulé, par une vue et une audition tout intérieures. Et cela est nécessaire à l'exercice de la fonction du langage. Pour que l'enfant, en effet, puisse communiquer avec ses semblables, il faut qu'il soit en état de prononcer ou d'écrire les mots naturels ou conventionnels qui nous servent à traduire nos pensées. Or, l'enfant ne peut écrire ou prononcer ces mots que

(1) Van Gehuchten, *Système nerveux de l'homme*, 4e édition, p. 778.

si, après les avoir lus ou entendus, il en garde le souvenir.

Il existe donc, entre les neurones des centres de projection, et les neurones des centres d'association, des neurones intermédiaires, qui sont chargés de transporter dans les zones anatomiques du souvenir l'ébranlement nerveux perçu au bout de la voie corticipète. Cet ébranlement produit dans les cellules de ces zones une modification dont la nature nous échappe, comme d'ailleurs la nature de la modification produite dans les cellules des sphères sensorielles, aussi bien que celle produite dans les cellules musculaires, à l'autre bout de la voie de projection volontaire ou réflexe, mais modification telle que l'enfant qui, jusque là, ne gardait psychiquement aucune trace des ébranlements perçus, est désormais en état d'en conserver, sous forme d'images visuelles ou auditives.

Grâce au souvenir qu'il garde de l'impression perçue, l'enfant est en mesure d'établir des relations entre cette impression et l'objet qui l'a produite. Il a ainsi l'idée d'un rapport de cause à effet. Que cette idée soit déjà nette dans son esprit, ou confuse, et ne se présentant à lui que sous la forme d'une dépendance encore imprécise entre des phénomènes qui se succèdent toujours dans les mêmes conditions, — cette idée suffit, telle quelle, pour que, par exemple, la perception d'un son, au lieu d'être, comme auparavant, une perception auditive banale, soit désormais une perception différenciée, dans ce sens qu'elle provoquera dorénavant l'image de l'agent qui l'a déterminée. A l'*audition brute* aura succédé l'*audition psychique*. Il en sera de même pour la vision.

Il existe d'ailleurs, pour chaque espèce de souvenir sensoriel, dans l'hémisphère gauche (et dans celui-là seulement), des régions déterminées de l'écorce, plus ou moins nettement délimitées : ainsi, la mémoire audi-

tive verbale est localisée dans les deux tiers postérieurs de la première circonvolution temporale, et la mémoire visuelle graphique, au niveau du pli courbe, ou circonvolution angulaire.

Mais pour que l'audition et la vision psychiques soient possibles, il faut que soient déjà différenciés d'autres éléments que les éléments sensoriels et d'association. En plus des sphères de projection et des régions anatomiques de la mémoire, il existe des *centres intellectuels*, compris d'ailleurs dans les zones d'association, et c'est le fonctionnement des éléments de ces centres qui est requis pour que l'enfant puisse comparer entre elles ses différentes sensations et prendre ainsi une connaissance plus ou moins parfaite, soit de ses phénomènes intimes, soit du monde extérieur ; pour qu'il puisse saisir des rapports entre les déterminants de ses sensations et ses sensations elles-mêmes ; pour qu'il puisse enfin sortir de l'empirisme pur, pour s'élever à des notions abstraites. Alors, un troisième phénomène se surajoute aux deux autres. Non seulement, désormais, l'excitation, par exemple, produite par un objet sonore, après avoir déterminé la perception auditive brute (laquelle, par suite de l'habitude, échappe d'ordinaire à notre conscience), fera surgir l'image même de cet objet, mais le nom seul par lequel cet objet est désigné ressuscitera l'image de sa forme et la représentation auditive intérieure du son qu'il produit, et réveillera l'idée abstraite de cet objet. A l'*audition brute* et à l'*audition psychique* se sera ajoutée l'*audition verbale* (1). Il en sera encore de même pour la vision.

La preuve de la légitimité de la distinction de ces trois phénomènes, est que chacun des trois, indifférem-

(1) Il est inutile de faire remarquer que cette expression n'est pas suffisamment précise : la perception du mot qui éveille l'idée de l'objet que ce mot désigne, est aussi psychique que la perception du son du même objet, qui suscite son image.

ment, peut disparaître chez un sujet, les deux autres étant conservés.

Lorsque, dans le cerveau de l'enfant, les régions dont nous venons de parler sont arrivées à un degré suffisant d'évolution, essentiellement caractérisé par la différenciation neurofibrillaire du neurone et sa myélinisation, le sujet est en état de saisir la pensée d'autrui exprimée par le langage écrit ou parlé ; mais il n'est pas encore à même de traduire aux autres ses pensées à lui, ou, du moins, cela ne suffit pas : les *organes de réception* doivent être complétés, au point de vue du langage, par les *organes de transmission*. Aux fonctions de perception sensorielle pure, aux fonctions de représentation mnésique, aux fonctions intellectuelles abstractives, se surajoutent les fonctions volontaires et les fonctions motrices.

Nous ne pouvons, en effet, parler ou écrire, que par l'intermédiaire des organes de mouvements, et, dans ce cas, c'est notre volonté qui meut ces organes. Nous avons dit, en parlant des centres de projection, que de ces centres — et c'est précisément là ce qui les caractérise comme « projecteurs » — partaient des neurones qui, après un ou plusieurs relais, se terminaient enfin dans un muscle, dont ils pouvaient déterminer la contraction par voie réflexe. C'est ainsi, par exemple, qu'une excitation optique, après avoir déterminé dans les sphères visuelles corticales une impression lumineuse, se réfléchit par la voie de projection et se traduit, au point « terminus » de cette voie, par une action sur le muscle constricteur de l'iris, qui rétrécit l'ouverture pupillaire. Mais cette action motrice ne requiert, pour se produire, ni l'intervention des zones d'association, ni celle des centres intellectuels : c'est un phénomène réflexe, fatal, qui ne dépend en aucune

façon de notre volonté, et dont nous n'avons même pas conscience.

Il n'en est pas ainsi de l'ensemble des actions musculaires qui concourent à la prononciation des mots ou au tracé de l'écriture.

D'abord, il est nécessaire que dans certains éléments des centres d'association se soient emmagasinés, à côté des souvenirs qui rappellent le son des mots entendus et la structure graphique des mots lus, les souvenirs des mouvements à exécuter pour reproduire ces sons et cette structure.

Quand nous raisonnons sur l'évolution du langage, nous sommes presque arrêtés, dès les premiers pas, par la difficulté que nous éprouvons à nous rendre compte des phases initiales du développement de cette fonction si complexe. Nous ne pouvons guère, en effet, recourir à une sorte d'auto-observation rétrospective, car notre mémoire n'a gardé aucun souvenir de nos premiers tâtonnements, soit en paroles, soit en écriture. Comme, d'autre part, nous ne sommes point dans la conscience des enfants qui balbutient ou qui tracent leurs premiers mots, et sur lesquels il nous serait permis d'expérimenter, nos conclusions ne peuvent jamais être ni aussi fermes ni aussi complètes que nous le souhaiterions.

Nous n'en sommes pourtant pas réduits, sur ce point, à de pures conjectures, du moins en ce qui concerne les phénomènes essentiels. Nous savons que le langage est affaire d'éducation. On apprend à écrire et à parler, comme on apprend à marcher. Les premiers balbutiements et les premiers traits de plume, comme les premiers pas, sont toujours défectueux, par suite de l'incoordination des mouvements des membres et des différents segments de membres, des organes et des différentes parties d'organes. Ce n'est que progressivement, en voyant faire et en tâchant d'imiter, en tenant

compte de ses tentatives malheureuses et de ses petits succès, que l'enfant finit par coordonner ses déplacements musculaires et par plier ses organes à la production de sons nettement articulés, et à la formation de signes graphiques convenablement tracés, tout comme à l'exécution de mouvements de marche parfaitement équilibrés. Sans doute, peu à peu, par le fait de l'influence, très mystérieuse encore, de l'habitude, le fonctionnement de ces organes tombera plus ou moins complètement dans le domaine du réflexe : c'est ainsi que nous pouvons, dans un état d'absolue inconscience, redire, sans le moindre écart, des phrases, des fragments de discours, des poésies, des prières, etc..., que nous n'avons appris et retenus qu'après de longs et laborieux efforts de mémoire et de volonté ; c'est ainsi qu'un artiste, complètement distrait, et sans se rendre compte, le moins du monde, des mouvements qu'il exécute, jouera un morceau d'une façon absolument impeccable ; c'est ainsi qu'une expérience quotidienne nous apprend que nous pouvons nous mouvoir, sans que notre volonté intervienne pour assurer à tout moment le déplacement ordonné de nos membres inférieurs. Mais cette facilité à accomplir actuellement, de façon réflexe et inconsciente, des actes souvent fort compliqués, ne doit pas nous faire oublier que la volonté a eu fort à faire au début, et que ses efforts n'ont pu aboutir que par l'intermédiaire de souvenirs de mouvements, localisés dans les zones d'association de l'écorce. « Les fibres centrifuges qui partent de ces centres d'association vont se terminer dans les sphères sensorielles. Elles maintiennent les centres de projection sous la dépendance immédiate de nos centres d'association et permettent à ceux-ci d'exercer sur nos sphères sensorielles une véritable action inhibitive. C'est par l'intermédiaire de ces fibres centrifuges que l'esprit peut réagir sur les cellules d'origine des fibres des voies

motrices, et produire des mouvements qui seuls doivent être considérés comme des mouvements volontaires » (1).

Les neurones des zones d'association, sur lesquels s'exerce l'influence directe de la volonté, pour la production des mouvements du langage, constituent le premier élément de la voie de transmission. Le second a son siège dans les sphères sensorielles : c'est la cellule pyramidale, dont le prolongement corticifuge, après avoir traversé le centre ovale et la capsule interne, descend plus ou moins profondément vers les noyaux gris inférieurs. Cet élément peut être le dernier des éléments totalement centraux de la voie de transmission. S'il se termine, en effet, dans la corne grise antérieure de la moelle, d'ailleurs à n'importe quel niveau, il entre là en relation avec les prolongements cellulipètes d'un dernier neurone, qui est bien un neurone central, de par ces prolongements, de par son corps cellulaire lui-même, et une partie de son prolongement cellulifuge ; mais celui-ci, après un court trajet, sort de la moelle, et prend part à la formation d'un nerf périphérique. Ce neurone, en partie périphérique et en partie central, dont le corps cellulaire siège dans la corne grise antérieure de la moelle épinière, ou dans les centres gris équivalents des niveaux supérieurs du névraxe, existe toujours, que la cellule pyramidale s'articule avec lui directement (voie motrice principale) ou par l'intermédiaire d'autres éléments (voie motrice secondaire). Et c'est ce neurone qui est le dernier constituant nerveux de la voie de transmission.

La cellule musculaire complète cette voie.

Quand tous ces éléments existent à l'état normal, anatomiquement et physiologiquement, l'enfant est à même d'exécuter tous les mouvements de l'écriture et

(1) Van Gehuchten, *op. cit.*, p. 778.

de la phonation ; il est désormais, ou peut être désormais en possession de la fonction du langage.

Ces données ne sont point arbitraires.

Les méthodes histologiques qui révèlent l'existence, dans les diverses régions corticales ou profondes de l'encéphale, de cellules nerveuses de types différents, et qui permettent de poursuivre, sur un trajet plus ou moins long, les prolongements de ces cellules, ne disent rien, il est vrai, de leur rôle psycho-physiologique. Mais la neurologie n'en est pas réduite à ces seules méthodes. Elle peut s'aider de l'observation clinique, et celle-ci lui a rendu, en effet, depuis quelques années, de très importants services, pour la recherche des zones physiologiques et psychiques du cerveau. Nous reviendrons d'ailleurs sur cette question à propos des controverses récentes sur les localisations cérébrales.

II

LA PATHOLOGIE DU LANGAGE

Les troubles dont nous avons à parler, très sommairement d'ailleurs, sont compris sous le nom général d'*aphasies*.

Celui-là seul, à parler en rigueur de termes, est aphasique, qui a perdu la faculté d'exprimer sa pensée par des mots parlés. Étymologiquement, cette expression ne désigne que cela (1), et Trousseau n'avait probablement pas l'intention de lui faire dire autre chose, quand il l'introduisit, le premier, dans le vocabulaire pathologique. Il peut d'ailleurs, très légitimement, désigner les diverses modalités du trouble dont il s'agit : privation absolue, simple affaiblissement ou perversion

(1) Aphasie : α privatif, φάσις, parole.

de la faculté d'exprimer sa pensée au moyen du langage articulé.

Mais l'usage a détourné le terme de son sens naturel. Il signifie actuellement « le défaut d'adaptation du mot à l'idée », quelle que soit, d'ailleurs, la nature de ce défaut d'adaptation. Ainsi, quelqu'un qui a une idée, qui connaît le mot exact qui l'exprime, qui prononce ce mot, qui l'entend et le comprend quand il l'entend prononcer par d'autres, mais qui, bien que n'étant pas paralysé, est incapable d'écrire ce mot, celui-là présente un défaut d'adaptation du mot *écrit* à l'idée que représente ce mot : il est *aphasique*. On avait trouvé un terme précis pour désigner ce cas pathologique : on disait que le sujet présentait de l'*agraphie*, de α privatif et γράφειν, écrire. Malheureusement Charcot est intervenu, il a parlé de l'*aphasie de la main*, et on se croit tenu de signaler, tout au moins, cette expression figurée.

Il est inutile de protester, après tant d'autres, qui font ressortir l'impropriété du terme, puis, cela fait, se croient quittes envers leur conscience scientifique et se résignent à parler, comme tout le monde, le langage défectueux qu'ils condamnent.

Nous dirons brièvement ici ce que l'on entend, en général, par *aphasie* et par *agraphie*.

Nous sommes tous, quand nous venons au monde, des aphasiques et des agraphiques *naturels*.

A mesure que les différentes régions de notre encéphale arrivent à maturité, la fonction du langage s'ébauche, se perfectionne, se parfait, et selon les étapes que nous parcourons ainsi, dans notre développement anatomo-physiologique, nous présentons, embryogéniquement, la reproduction plus ou moins exacte des différents cas d'aphasie et d'agraphie *pathologiques*. L'enfant, par exemple, dont certains centres sont déjà suffisamment développés pour qu'il puisse répéter les

mots entendus, sans qu'il en comprenne encore la signification, est semblable à l'aphasique adulte atteint de surdité verbale. Mais le développement embryogénique normal se fait suivant une marche progressive régulière, en sorte que ce qui pourrait être appelé, chez l'enfant, troubles du langage, ne présente jamais la variété des déficits pathologiques qui sont, chez l'adulte, à la merci des influences accidentelles les plus inattendues. On conçoit, d'ailleurs, en songeant au nombre considérable d'éléments qui doivent intervenir dans l'exercice normal de la fonction du langage, qu'on doit avoir affaire, cliniquement, à des perturbations de cette fonction, très nombreuses et souvent fort compliquées. Mais nous entendons laisser ici de côté tous les troubles d'origine périphérique, et même sous-corticale, pour nous en tenir à ceux qui relèvent d'une lésion quelconque siégeant dans les zones spéciales de l'écorce cérébrale.

Nous n'insisterons pas sur le fait, pourtant si singulier, de la localisation de ces zones dans un seul hémisphère, le gauche chez les droitiers, le droit chez les gauchers.

Cette localisation, d'ailleurs, n'est spéciale que pour les zones dites d'association. Les zones de projection sont bilatérales. C'est dans ces zones que se trouvent les sphères sensorielles, et ces sphères sensorielles constituent le premier relais *cortical* des voies parties des organes des sens, ou, si l'on veut, le point d'aboutissement des voies nerveuses chargées de porter jusqu'à l'écorce cérébrale les ébranlements partis normalement des organes sensoriels. Nous avons dit déjà que ces sphères sensorielles, dans chacun des deux hémisphères, étaient localisées, pour la voie visuelle, dans une région du lobe occipital, et pour la voie auditive, dans une région du lobe temporal, dont la délimitation

stricte est nécessairement assez difficile à établir (1).

On pourrait se demander à quoi peut bien servir la bilatéralité cérébrale des sphères de projection où aboutit l'ébranlement venu des organes des sens, et où nous prenons conscience de cet ébranlement, si les autres centres corticaux du langage sont localisés dans un seul hémisphère. Et il est vrai, en effet, qu'on ne voit pas trop, au premier abord, quelle utilité il y a, par exemple, pour un droitier, d'avoir des sphères sensorielles à droite, puisqu'il en a déjà à gauche, et que ces sphères sensorielles gauches sont en relation avec des centres du langage, qui sont précisément localisés de ce côté. On ne peut pas invoquer la raison de suppléance, en cas de lésion des sphères sensorielles gauches. Il est bien vrai que les sphères sensorielles droites sont en relation avec l'hémisphère gauche par l'intermédiaire des fibres commissurales qui passent par le corps calleux ; mais ces fibres aboutissent précisément dans les sphères sensorielles gauches, et sont, par conséquent, en cas de lésion, mises hors de service, en même temps que les éléments propres de ces sphères. Il ne faut pourtant pas oublier que les sphères sensorielles sont le point de départ des fibres de projection, et que c'est par le moyen de ces fibres que s'accomplissent les actions musculaires unilatérales ou bilatérales, nécessitées par l'écriture et la phonation.

Cette question de la bilatéralité corticale des sphères de projection n'interviendra pas, d'ailleurs, dans l'exposé que nous allons faire des principaux troubles du langage.

Il est tout naturel de classer ces troubles en se basant

(1) Nous ne parlerons que des fonctions visuelles et auditives, parce que ce sont les seules dont le fonctionnement soit essentiel dans l'acquisition et l'exercice de la fonction du langage, et que nous entendons laisser de côté ce qui regarde l'éducation de cette fonction chez les aveugles-nés et les sourds.

sur les deux grandes fonctions qui assurent l'exercice normal du langage soit écrit, soit parlé.

Nous avons vu que la première de ces fonctions, par ordre de développement embryogénique, était une *fonction réceptrice*. Elle consiste dans la perception, dans les sphères sensorielles, des excitations périphériques d'ordre auditif (langage parlé) et visuel (langage écrit).

1° Pathologie réceptrice.

1. — *Théoriquement*, nous pouvons concevoir l'existence de troubles de la fonction du langage, en rapport avec la lésion des différents éléments qui servent soit à l'acquisition progressive de cette fonction, durant le développement intra et extra-utérin, soit à son exercice chez l'adulte.

Nous avons dit qu'il existait, tout au début de l'évolution des sphères sensorielles, une audition des mots parlés et une vision des mots écrits, purement physiologiques, une audition et une vision brutes (appelées aussi audition et vision corticales ou cérébrales) (1). Si les éléments récepteurs de ces sphères ne se sont pas développés, le sujet, qui n'aura jamais entendu ni lu aucun mot, sera irrémédiablement incapable de traduire sa pensée par le langage soit parlé, soit écrit.

Si les éléments corticaux qui reçoivent les premiers les ébranlements périphériques sont lésés par le fait d'un accident survenu après leur développement, alors que le malade sait déjà parler et écrire, la possibilité d'exprimer correctement, par la parole ou l'écriture, les pensées spontanées, subsistera dans son intégrité (2). Mais le sujet, n'entendant plus les mots prononcés, ne voyant plus les mots écrits, sera dans l'impossibilité

(1) A tort, car l'audition et la vision psychiques et verbales sont aussi des phénomènes corticaux, cérébraux.

(2) Il est évident toutefois que l'exécution graphique sera fort défectueuse, le sujet ne voyant pas ce qu'il écrit.

absolue de saisir la pensée des autres, et, par conséquent, d'y répondre pertinemment, soit de vive voix, soit par écrit, à moins que par l'éducation il ne parvienne à comprendre les paroles aux mouvements des lèvres, si la zone sensorielle n'est point lésée dans la région où aboutissent les impressions visuelles de ces mouvements.

Le résultat sera le même si, les éléments récepteurs sensoriels premiers étant intacts, ce sont, dans les zones d'association, les neurones mnésiques qui sont lésés. Dans ce cas, en effet, le souvenir des mots entendus ou des mots lus étant anéanti, la situation du malade sera, au point de vue de l'expression de sa pensée par le langage, identique à celle du sujet qui n'a pas pu acquérir ce souvenir, par le fait qu'il manquait de la faculté de réception première des excitations sensorielles. Il y aura cependant cette différence, s'il s'agit de deux adultes, que celui dont les zones mnésiques des mots sont hors de service dans leur totalité, perdra tous les souvenirs acquis et ne pourra plus en acquérir d'autres, tandis que celui qui n'est lésé que dans les zones sensorielles, s'il ne peut plus acquérir de souvenirs, garde au moins ceux qu'il avait au moment où la lésion s'est produite.

Il se peut, d'ailleurs, que tous les éléments mnésiques ne soient pas atteints à la fois. Quelques-uns seulement seront lésés, soit isolément, soit par groupes fonctionnels, et la lésion pourra être de telle nature que le malade, par exemple, sera dans l'impossibilité de rapporter le son qu'il entend à l'objet qui le produit : l'image de cet objet, ou bien n'a jamais existé dans son esprit, ou bien en a totalement disparu.

Enfin, des zones psychiquement plus élevées peuvent être restées à l'état embryonnaire ou avoir été lésées ultérieurement. Le sujet alors, bien que pouvant lire et entendre, bien que pouvant garder, sous forme

d'images auditives ou visuelles, le souvenir de ce qu'il a lu ou entendu, sera incapable de comprendre le sens des mots parlés ou écrits.

Ce sont là des cas pathologiques simples, caractérisés par des déficits portant sur une seule zone, un seul centre, ou un seul groupe d'éléments nerveux (1). Mais il se peut que plusieurs zones, plusieurs centres, plusieurs groupes d'éléments à fonctions différentes, soient lésés en même temps. De ces lésions multiples et diffuses résulteront nécessairement des états pathologiques beaucoup plus complexes.

2. — *En fait,* la clinique ramène à deux groupes toutes les aphasies de réception : les aphasies par *cécité verbale* et les aphasies par *surdité verbale.*

A. *Cécité verbale.*

Le malade atteint de cécité verbale voit les signes écrits et les distingue entre eux ; mais ces signes n'ont pour lui, intellectuellement, aucune signification. Il a seulement conscience d'avoir, quand il perçoit une lettre donnée, une sensation qui n'est pas celle qu'il éprouve quand il perçoit une autre lettre, sans savoir, d'ailleurs, ce que c'est que le premier de ces signes, ni ce que c'est que le second. Il est réduit à une vision brute, corticale.

La constatation de ce phénomène pathologique n'est pas nouvelle, comme le prouve l'observation de Jean Schmidt, datée de 1673. Mais la connaissance du cas n'est pas complète si, au tableau clinique extérieur, ne s'ajoute l'autopsie cérébrale qui permet de localiser la lésion. Des recherches nombreuses ont été faites dans ce sens, ces dernières années, à la suite de Déjerine,

(1) Il semble, en effet, qu'il existe, dans les sphères du souvenir, des catégories d'éléments affectés à des souvenirs spéciaux. On ne s'explique point, sans cela, comment, par exemple, des sujets ne sont aphasiques que pour les verbes, et d'autres pour les substantifs ; comment des paraphasiques n'ont perdu la mémoire que de quelques mots particuliers, qu'ils remplacent régulièrement par d'autres, toujours les mêmes, dans l'écriture ou la conversation.

et leurs résultats concordants semblent ne laisser aucun doute sur le siège cortical de la cause pathologique de la cécité verbale. Cette cause, quelle qu'elle soit, intéresse le cunéus gauche (délimité par la fissure pariéto-occipitale, en haut, et la fissure calcarine en bas), et la circonvolution de la pointe occipitale correspondante (circonvolution linguale).

Les impressions perçues dans l'hémisphère droit peuvent bien, par la commissure calleuse, passer dans l'hémisphère gauche, mais la lésion ayant isolé, dans cet hémisphère, la sphère sensorielle visuelle de la zone d'association, ces impressions ne peuvent plus agir sur ceux des éléments de cette zone qui concourent à la compréhension des lettres (cécité littérale) ou des mots (cécité verbale proprement dite) visuellement perçus, et, par conséquent, ces mots n'éveillent aucune idée chez l'aphasique porteur d'une lésion de ce genre.

Comme, d'ailleurs, le malade entend, qu'il comprend le sens des mots entendus, qu'il garde le souvenir, sous forme d'images visuelles, des mots lus autrefois, qu'il garde aussi le souvenir des mouvements à faire pour écrire, et que les connexions subsistent entre les zones d'association et les centres qui sont aptes à régler les mouvements graphiques, l'écriture spontanée et sous dictée est encore possible. Le sujet ne peut pas se relire, s'il ne veut s'aider que de ses yeux ; mais s'il fait de la main le mouvement que nécessite le tracé de chaque lettre, l'image de ce mouvement, confrontée avec les souvenirs des mouvements graphiques persistants dans la zone d'association, lui rappelle les mots qu'il vient d'écrire.

Tel est le cas simple de cécité verbale ; mais le trouble peut se compliquer. Si la lésion, en effet, intéresse la région du pli courbe (circonvolution temporale supérieure), c'est-à-dire la zone elle-même d'association, il y a perte des images visuelles d'acquisition an-

cienne, et impossibilité de formation d'images visuelles actuelles. De ce seul chef, et sans invoquer la suppression des connexions entre la zone lésée et les centres des mouvements de l'écriture, l'agraphie est complète.

Toutefois, la lésion du pli courbe ne détermine pas nécessairement la perte de toutes les images visuelles. Cette perte peut n'affecter, parmi ces images, qu'un groupe particulier, évidemment variable selon la localisation et l'étendue de la lésion. En novembre 1906, G. Variot et H. Lecomte ont présenté à la *Société médicale des Hôpitaux de Paris* un enfant de 13 ans et demi, d'ailleurs intellectuellement bien développé, à qui il a été impossible d'apprendre à lire couramment et à comprendre soit l'écriture à la main, soit l'écriture imprimée. Sa mémoire visuelle était normale pour les signes graphiques autres que ceux de l'écriture, ainsi que pour les chiffres. Les auteurs de la communication expliquent ces faits en faisant intervenir une insuffisance, soit de développement, soit de fonctionnement, du pli courbe, en se basant sur les cas antérieurs similaires contrôlés par l'autopsie. Leur conclusion n'apporte donc rien de nouveau. Tout l'intérêt de ce cas, et des cas semblables qui pourraient se produire, consisterait dans l'examen histologique du cerveau du sujet, en tant que cet examen pourrait permettre de déterminer quelle est, dans toute l'étendue du pli courbe, la région lésée. A la suite d'un certain nombre d'observations de ce genre, se contrôlant l'une l'autre, on arriverait peut-être à acquérir la certitude que non seulement la mémoire visuelle prise en bloc est localisée dans une région cérébrale déterminée, mais que telle variété de mémoire visuelle, par exemple la mémoire des lettres, la mémoire des lignes du dessin, la mémoire des chiffres, la mémoire des signes musicaux, etc., occupe, dans cette région, une place spéciale, comme semble l'exiger la symptomatologie clinique.

Ne pourrait-on pas, d'ailleurs, aller plus loin encore, et chercher quel est, dans chacune de ces variétés amnésiques, l'endroit de la zone d'association qui correspond à la représentation visuelle, par exemple, de telle ou telle lettre de l'alphabet ?... Il est évident que des recherches de cette nature présentent de très grandes difficultés ; mais les données, quoique purement extérieures, de la clinique encouragent à les entreprendre. Elles signalent, en effet, de temps à autre, quelques cas qui semblent favoriser de pareilles observations. Tel celui relevé par G. d'Abundo (1). Il s'agit d'une gauchère hémiplégique qui, entre autres symptômes, présente des troubles relevant de la cécité verbale littérale, précisément avec spécialisation pour certaines lettres. La malade, par exemple, distingue très bien l'O, parmi les autres signes de l'écriture, et elle le reproduit, bien qu'en l'inclinant ; mais très difficilement elle distingue l'I, et elle est incapable de le reproduire.

A côté de ces troubles plus ou moins rigoureusement spécialisés, s'observent des troubles généraux, correspondant à des lésions massives et diffuses, ou multiples. Tel le cas signalé par Hoisholt, dans The Archives of International Medicine (juin 1909), d'un vieillard de 72 ans, qui présenta à l'autopsie trois foyers de ramollissement du lobe temporel gauche : partie postérieure de la première circonvolution (entamant le pli courbe), troisième circonvolution et extrémité postérieure de la scissure de Sylvius. Le malade, incapable de comprendre le langage parlé, et par conséquent d'écrire sous dictée, avait aussi perdu la faculté de lire et d'écrire spontanément. La reproduction purement mécanique de l'écriture d'après copie, quoique possible, était défectueuse.

Les cas complexes sont d'ailleurs les plus fréquents :

(1) Rivista italiana di Neuropatologia, Psichiatria ed Elettroterapia, vol. I, fasc. 6, p. 257-265. Catane, juin 1908.

« Rien n'est plus variable que les manifestations cliniques de la cécité verbale, pour la raison que ce symptôme ne se présente à l'état de pureté que dans des cas tout à fait exceptionnels. La plupart des observations concernent des malades qui, concurremment avec la cécité verbale, avaient soit de la surdité verbale (comme dans le cas présenté par Hoisholt), soit de l'aphasie motrice, soit de l'agraphie, soit enfin et surtout une combinaison en proportions diverses de tous ces symptômes réunis. Il faut dire encore que la cécité verbale n'est presque jamais totale ; le plus souvent il reste une parcelle de mémoire, grâce à laquelle certains caractères graphiques peuvent être reconnus. Enfin la difficulté de l'étude s'accroît fréquemment par le fait que ces malades cherchent à se corriger du symptôme par une éducation nouvelle et y réussissent en partie. Pour toutes ces raisons, il n'est guère possible d'étudier la cécité verbale comme un trouble toujours identique à lui-même, mais comme un ensemble de phénomènes similaires dont la schématisation, sinon la description rigoureuse, est relativement facile (1). »

Il faut enfin noter, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, que la zone mnésique visuelle des lettres et des mots peut être intacte, sans que pourtant le malade comprenne le sens de ces lettres et de ces mots, parce que les éléments qui servent à la compréhension des images conservées dans les zones du souvenir sont lésés. Dans ce cas, les symptômes de cécité verbale seront évidemment en rapport avec les différents caractères de ces lésions proprement psychiques. En fait, le souvenir que l'on ne comprend pas équivaut à un souvenir aboli ; aussi bien ne faisons-nous cette remarque qu'au point de vue de la détermination du siège de la lésion.

(1) *Traité de Médecine* (Bouchard-Brissaud), t. IX, p. 50. Paris, 1904.

B. *Surdité verbale.*

Le malade atteint de surdité verbale ne comprend plus la signification des mots qu'il entend. Incapable de saisir le sens des paroles prononcées devant lui, la conversation par le langage parlé lui est impossible ; mais, à moins qu'il ne présente d'autres troubles concomitants, il peut toujours exprimer par la parole sa propre pensée, en utilisant les images motrices du langage articulé, qu'il a déjà acquises, qu'il conserve et qu'il comprend. Quand il parle, il s'entend bien lui-même, car l'ébranlement nerveux qu'il détermine par sa propre voix, dans les cellules sensorielles de son organe de Corti, parvient jusqu'à la sphère auditive de projection ; mais la perception qui s'opère là est, nous le savons déjà, une perception auditive purement physiologique : le malade perçoit des sons, mais la signification de ces sons lui échappe.

Puisque le sujet peut parler correctement, la région mnésique auditive de son écorce cérébrale est donc respectée, ainsi que les éléments nerveux qui interviennent dans l'opération intellectuelle d'où résulte la compréhension de l'idée exprimée par le mot entendu, mais toute relation entre cette région et la sphère sensorielle de même ordre, où aboutit le dernier neurone de la voie cochléaire, et, par conséquent, où aboutissent les excitations sensorielles venues du dehors, est interrompue.

Si la lésion, au lieu d'isoler seulement la zone mnésique, détruisait cette zone, toutes les images auditives verbales déjà acquises étant supprimées, et aucune image nouvelle ne pouvant s'élaborer, la parole mentale et la parole extérieure spontanée deviendraient, par le fait même, absolument impossibles. C'est en effet ce qui se réalise dans la lésion de la partie moyenne de la première circonvolution temporale

gauche, qui est la région de l'écorce affectée à la mémoire auditive des mots.

Ici comme pour la cécité verbale, les troubles varient selon l'étendue de la lésion. La surdité verbale peut être complète ; elle peut aussi laisser subsister la compréhension de quelques termes. Il est assez remarquable que la plupart des malades atteints de cette affection répondent à l'appel de leur nom.

Comme pour la cécité verbale encore, la surdité peut présenter une sorte de spécialisation : « la surdité verbale est quelquefois partielle et systématiquement limitée à la mémoire auditive d'un idiome. Un malade d'Oré ne répondait que lorsque la demande qu'on lui adressait était faite en patois. Il ne comprenait pas quand on lui parlait en français. De même un Russe, vu par Charcot, n'entendait plus que difficilement l'allemand, tandis qu'il comprenait encore le français et le russe » (1).

Quant à la *jargonaphasie*, elle peut, sans doute, être le fait de tout malade atteint de surdité verbale complète, qui a gardé le souvenir des mouvements correspondants à certains mots, mais qui d'ailleurs en a totalement oublié la signification. L'automatisme, dans ce cas, pourra bien associer quelques termes, qui constitueront des lambeaux de phrases plus ou moins corrects ; mais le sujet parlera généralement un langage absolument incompréhensible.

Lorsque la lésion est circonscrite à quelques points, le malade conservera la mémoire auditive et la compréhension de presque tous les mots. Il y aura alors des lacunes dans son langage ; les mots manquants dont il a perdu la mémoire ou dont la signification lui échappe, seront remplacés par d'autres plus ou moins disparates.

(1) *Traité de Médecine* cité, p. 147.

C'est cet emploi des mots les uns pour les autres, qui a reçu le nom de *paraphasie*.

De même que dans certains cas de cécité verbale le malade, en suivant avec la main le tracé des lettres d'un mot, parvient à saisir la signification de ce mot, par le rappel des images motrices de l'écriture dont il a gardé le souvenir et la compréhension, ainsi quelques sujets atteints de surdité verbale, en portant leur attention sur les mouvements des lèvres de ceux qui leur parlent, comprennent le sens des mots, par l'intermédiaire du souvenir des mêmes mouvements dont l'image subsiste dans leur zone mnésique visuelle.

2° Pathologie de transmission.

Pour qu'un sujet puisse parler ou écrire, il ne suffit pas, avons-nous dit, que les différentes régions du cerveau où aboutissent les excitations sensorielles, et celles où s'emmagasinent les souvenirs et où les souvenirs prennent une signification psychique, soient normales ; il faut encore que les éléments essentiels qui concourent à la production des différentes actions musculaires nécessitées par le langage parlé ou écrit soient intacts. Or, nous savons que les premiers de ces éléments essentiels, c'est-à-dire ceux qui doivent, les premiers, entrer en fonction, sont soit les cellules pyramidales, soit les neurones corticaux sur lesquels la volonté doit nécessairement agir pour déterminer dans ces cellules l'ébranlement qui, au bout de la voie centrifuge, se traduira par un phénomène de mouvement. Ces neurones se trouvent dans les zones d'association.

1. — *Théoriquement*, on peut concevoir qu'ils se répartissent en plusieurs groupes. D'abord, le groupe des neurones qui entrent en jeu pour la production des mouvements de la phonation articulée, et ceux qui interviennent dans la production des mouvements graphiques ; puis, dans chacun de ces groupes, les neurones

spéciaux affectés, soit à la prononciation de tel mot, soit à l'exécution de tel signe.

2. — *En fait*, la psycho-physiologie pathologique considère tout autrement les choses, et de telle façon que les troubles corticaux de transmission semblent ne pas être autre chose, et ne sont pas autre chose, en réalité, qu'une variété de troubles de réception, la variété motrice. On les fait dépendre, en effet, de la lésion des centres qui gardent le souvenir des images motrices. Or, le souvenir n'est pas autre chose que la persistance de ces images, formées dans une région corticale déterminée, après *réception* de certains ébranlements sensoriels. Le souvenir ne transmet pas, bien qu'il soit préalablement nécessaire à la transmission. On dira que les éléments transmetteurs premiers siègent dans les régions mêmes où sont localisées les images motrices. Et peut-être, en effet, n'y a-t-il, en cela, qu'une imprécision de langage. Il serait, d'ailleurs, assurément, fort difficile de faire le départ, dans les déficits dont nous parlons, entre les lésions affectant les éléments récepteurs et les éléments transmetteurs.

Quoi qu'il en soit, la clinique enregistre deux groupes de troubles dits de transmission : l'*aphasie motrice* et l'*agraphie*.

A. *Aphasie motrice.*

L'aphasie motrice relève d'une destruction totale ou partielle du pied de la troisième frontale gauche, ou circonvolution de Broca, dans laquelle sont conservés les souvenirs des mouvements à exécuter pour articuler les mots. Quand cette région est atteinte, le malade ne peut plus parler. Mais à quoi tient cette *aphémie* (Broca) ? Elle ne tient pas, pense-t-on, à ce que les neurones de la volonté sont lésés, mais à ce que le sujet ne sait plus quels sont les mouvements que sa volonté doit exécuter pour produire des sons articulés, et il ne le sait plus, parce que la lésion a fait disparaître, soit

complètement, soit partiellement, les images motrices d'articulation. « Il y a des cas où la faculté *générale* du langage persiste inaltérée, où l'appareil auditif est intact, où tous les muscles, sans en excepter ceux de la voix et de l'articulation, obéissent à la volonté, et où pourtant une lésion cérébrale abolit le *langage articulé*. Cette abolition de la parole chez des individus qui ne sont ni paralysés, ni idiots, constitue un symptôme assez singulier pour qu'il me paraisse utile de la désigner sous un nom spécial. Je lui donnerai le nom d'*aphémie ;* car ce qui manque à ces malades, c'est seulement la *faculté d'articuler les mots. Ils entendent et comprennent tout ce qu'on leur dit ;* ils ont leur intelligence ; ils émettent des sons vocaux avec facilité ; ils exécutent avec leur langue et leurs lèvres des mouvements bien plus énergiques que ne l'exigerait l'articulation des sons, et pourtant la réponse parfaitement sensée qu'ils voudraient faire se réduit à un très petit nombre de sons articulés, toujours les mêmes et toujours disposés de la même manière ; leur vocabulaire, si l'on peut dire ainsi, se compose d'une courte série de syllabes, quelquefois d'un monosyllabe qui exprime tous les vocabulaires. Certains malades n'ont même pas ce vestige du langage articulé... Ceux qui, pour la première fois, ont étudié ces faits étranges ont pu croire, faute d'une analyse suffisante, que la faculté du langage, en pareil cas, était abolie ; mais *elle persiste évidemment tout entière*, puisque les malades comprennent parfaitement le langage articulé et le langage écrit ; puisque ceux qui ne savent pas ou ne peuvent pas écrire ont assez d'intelligence (et il en faut beaucoup en pareil cas) pour trouver le moyen de communiquer leur pensée, et puisque enfin ceux qui sont lettrés et qui ont le libre usage de leurs mains mettent nettement leurs idées sur le papier. Ils connaissent donc le sens et la valeur des mots *sous la forme auditive comme*

sous la forme graphique. Le langage articulé qu'ils parlaient naguère leur est toujours familier, mais ils ne peuvent exécuter la série des mouvements méthodiques et coordonnés qui correspond à la syllabe cherchée. Ce qui a péri en eux, ce n'est donc pas la faculté du langage, ce n'est pas la mémoire des mots, ce n'est pas non plus l'action des nerfs et des muscles de la phonation et de l'articulation, c'est autre chose, c'est une faculté considérée par M. Bouillaud comme la faculté de coordonner les mouvements propres au langage articulé, puisque sans elle il n'y a pas d'articulation possible. »

Telle est, exposée par Broca lui-même, la conception, aujourd'hui classique, de l'*aphémie*. On a seulement précisé un peu l'idée que l'on doit se faire de cette « faculté de coordonner les mouvements propres au langage articulé ». Ce n'est évidemment pas autre chose que l'intelligence, mais guidée par le souvenir des images des mouvements d'articulation : *aphasie motrice* (Charcot).

L'aphasie motrice n'est donc qu'une aphasie sensorielle portant sur les images motrices. Elle ne présente guère plus, ainsi comprise, que le seul intérêt de la marche régulière qu'elle suit, parfois, dans son établissement et qui permet de constater, une fois de plus, la spécialisation fonctionnelle d'éléments ou de groupes d'éléments nerveux, dans les zones corticales du langage. « La perte de la mémoire d'articulation des mots peut être le résultat de troubles fonctionnels, produisant l'effacement partiel ou complet des représentations motrices verbales. La perte des souvenirs, dans cette dissolution de la mémoire, suit une marche invariable qui va toujours du particulier au général ; les noms propres individuels disparaissent les premiers, puis les noms particuliers des choses, les substantifs plus généraux, les adverbes, les verbes, etc. Si la guérison se

produit, l'ordre inverse se montre dans la réapparition des souvenirs, les substantifs et les noms propres étant les derniers à revenir. Pareillement quand l'amnésie frappe un polyglotte, la perte des langues possédées se fait dans l'ordre inverse de leur acquisition, la langue mère étant toujours la dernière à disparaître, comme elle est aussi la première récupérée, dans le retour de la mémoire. De même enfin, les troubles du langage, qu'on observe dans la marche de l'amnésie, représentent un processus rétrograde parallèle et opposé à celui de la formation des souvenirs dans l'organisation des idées par le langage » (1).

Tout aussi intéressants, au même point de vue, sont les cas d'aphémie où l'impossibilité d'articuler est limitée à des lettres où à des syllabes. « Certains aphémiques ne sont capables de prononcer que des voyelles, A, O, ou des consonnes isolées, R, S, etc. D'autres, et c'est le cas le plus ordinaire, disent des syllabes de pure fantaisie, qu'ils répètent à satiété : *af*, *far*, *wat*, ou articulent des mots invraisemblables : *consisi*, *akoko*, *monomomentif*, *iquifofoïqui*, etc. D'autres encore n'ont gardé de leur langue que des jurons ou les formules d'imprécation les plus malsonnantes. Quelques-uns ont sauvé du naufrage quelques épaves, des fragments de mots, en général le commencement des mots ; et quelquefois cette aphémie partielle se limite à l'articulation des substantifs. Tel était le cas du jurisconsulte dont parle Trousseau : « Donnez-moi mon pa, mon para, para, sacré mâtin ! — Votre parapluie ? — Eh ! oui, mon parapluie (2) ! »

B. *Agraphie.*

On a cru pendant longtemps, et certains croient encore, que l'agraphie, ou impossibilité totale ou par-

(1) *Traité élémentaire de physiologie humaine*, par Viault et Jolyet, 4e édition, p. 875. Paris, 1903.

(2) *Traité de Médecine*, cité, p. 158.

tielle de traduire sa pensée par l'écriture, résulte de la lésion d'un centre spécial, similaire, pour les mouvements graphiques, au centre du langage lésé dans l'aphasie motrice. Ce centre serait le pied de la deuxième circonvolution frontale gauche. Là seraient localisées les images des mouvements à exécuter pour écrire. Dans ce cas, comme dans le cas de l'aphasie motrice, il ne s'agit donc pas, à proprement parler, d'un trouble de transmission ; on ne peut qualifier ainsi ce trouble, de même que le trouble aphasique moteur, que si l'on fait allusion au résultat : la pensée, en effet, *ne peut pas se transmettre* par l'écriture, comme dans le cas d'aphasie motrice elle *ne peut pas se transmettre* par l'articulation. Mais n'en est-il pas de même dans les cas de cécité verbale et de surdité verbale, qui sont qualifiés de troubles de réception ?... A supposer que les images motrices graphiques persistent, et que ces images soient comprises, mais que la volonté soit incapable de déterminer les mouvements correspondant à l'expression écrite de la pensée, parce que les éléments sur lesquels elle doit agir pour cela ne sont plus normaux, le résultat serait le même, mais nous aurions alors affaire à un véritable déficit de transmission, considéré dans son origine encéphalique, et siégeant tout au début de la voie anatomo-physiologique corticifuge.

Pour cette fonction du langage comme pour toutes les autres, l'extension du trouble est en rapport avec l'extension de la lésion, et s'il faut admettre que les deux hémisphères concourent ou peuvent concourir à la production des mouvements de l'écriture, il faut bien admettre aussi que dans chacun de ces hémisphères existent des zones graphiques spéciales, elles-mêmes subdivisées peut-être, et spécialisées en vue de l'exécution de signes déterminés.

III

Les controverses récentes sur la pathologie du langage

On fait beaucoup de bruit, depuis quelques années, autour de la question des localisations cérébrales. Le conflit semble même avoir pris, aux yeux de certains, un caractère confessionnel tout à fait inattendu. M. Grasset critique fort justement ce point de vue, absolument inadmissible, dans son article sur *La fonction de langage* (1), où il cite et commente la conclusion d'un travail du Dr Surbled, paru dans la Pensée contemporaine (25 novembre 1906) sous le titre : « Un grand progrès de la cérébrologie ».

« En résumé (dit le Dr Surbled), M. le Dr Marie a fait réaliser à la cérébrologie un immense progrès. Il a heureusement revisé la grosse question de l'aphasie... La thèse du savant médecin de Bicêtre... montre que la localisation de l'esprit, tentée à différentes reprises par tant de sectaires (*quorum pars parva sum*, intercale M. Grasset), proposée encore récemment par Flechsig, n'est pas acceptable et doit être définitivement abandonnée. Le lobe préfrontal n'est pas plus noble, pas plus privilégié que les autres lobes du cerveau, il n'est pas réservé à l'exercice des facultés supérieures, de l'intelligence et de la volonté.... »

« Ceci, dit Grasset, est une grosse pierre dans mon jardin, jardin qui appartient à beaucoup d'autres et que je suis loin d'avoir défriché et cultivé le premier. Pour accentuer encore l'importance du travail de Pierre Marie et la force de l'anathème qui en découle, Surbled ajoute cette conclusion qui a dû singulièrement sur-

(1) Revue de Philosophie, janvier 1907, t. X, p. 5 et s.

prendre le médecin de Bicêtre : « la thèse du savant médecin de Bicêtre... apporte à la philosophie spiritualiste et chrétienne le plus utile appui. » Ce « grand progrès de la cérébrologie... constitue... une belle victoire de la science française et de la philosophie spiritualiste et chrétienne » (1).

Ce n'est pas seulement le médecin de Bicêtre qui a dû être singulièrement surpris de voir la philosophie spiritualiste et chrétienne intervenir dans cette affaire.

D'abord, en ce qui touche la localisation des fonctions psychiques supérieures dans la région fronto-orbitaire, nous pensons bien que, même avant les attaques de Marie contre les localisations cérébrales, la plupart des psycho-physiologistes, même les plus imbus de préjugés contre la doctrine spiritualiste, et même les plus « sectaires », n'admettaient cette localisation qu'avec beaucoup de réserves, et qu'ils auraient tout au plus adhéré à cette formule de Brissaud et Souques (2) : « La fréquence et l'importance des troubles intellectuels dans les tumeurs du lobe frontal semblent venir à l'appui de la doctrine, chère à l'école italienne, qui place le siège de la pensée dans le lobe frontal. Il est indispensable d'apporter un correctif à cette doctrine. La pensée siège, en effet, dans toute l'écorce, et l'ensemble des circonvolutions est nécessaire à l'intégrité de l'intelligence, mais les observations précédentes tendent à faire croire que le lobe frontal joue un rôle prédominant dans l'élaboration des processus psychiques supérieurs ».

C'est, croyons-nous, tout ce qu'on peut dire de plus précis, à l'heure actuelle, sur la localisation des fonctions intellectuelles. S'il faut admettre, comme on l'a toujours admis, que le lobe préfrontal n'est pas le siège

(1) Revue de Philosophie, pp. 6 et 7.
(2) *Traité de Médecine*,, t. IX, p. 339.

unique des opérations psychiques, et que d'autres centres doivent intervenir « dont un, dit Flechsig, particulièrement étendu, se trouve localisé sous les bosses pariétales », il n'en reste pas moins que la région frontale antéro-supérieure est, à ce point de vue, une région privilégiée, comme le démontrent de très nombreuses observations anatomo-cliniques. Il est d'ailleurs bien évident que lors même qu'il faudrait admettre un jour que cette région frontale est le *siège unique* des opérations psychiques, et que les autres régions n'interviennent dans le processus des actes intellectuels qu'en raison de leurs connexions avec elle, nous n'en serions nullement troublé dans nos convictions spiritualistes Il ne s'agit pas ici de « localisation de l'esprit » ; mais de l'endroit « réservé à l'exercice des facultés supérieures », comme l'écrit Surbled, se corrigeant ainsi très heureusement lui-même. Or, il est par trop clair que cet endroit n'est pas le corps tout entier. Sans doute, l'âme est partout, dans l'organisme humain ; mais il n'est pourtant encore venu à l'idée de personne, du moins que nous sachions, de prétendre qu'elle raisonnait dans la main ou dans le pied. C'est que, dans les conditions actuelles qui lui sont faites, de par son union avec le corps, elle ne peut déployer ses énergies qu'avec le concours d'éléments anatomiques différenciés en vue de ses fonctions diverses. Et si, pour la fonction intellectuelle, les éléments anatomiques appropriés ne se trouvent que dans le lobe préfrontal, l'âme devra bien se plier à cette condition, et produire, là, des actes dont les instruments ne sont que là. En fait, d'ailleurs, cette condition, elle la subit, puisque la lésion de ce lobe la met dans l'impossibilité d'accomplir certains actes psychiques, et peut même entraîner l'abolition, quant à leur exercice, de toutes les facultés intellectuelles.

Nous pouvons même peut-être aller plus loin dans la

localisation psycho-physiologique cérébrale. On sait que l'observation histologique permet de diviser l'écorce, dans son épaisseur, en plusieurs couches superposées d'éléments nerveux. On peut donc se demander si le substratum anatomique des opérations intellectuelles, dont personne ne peut nier la nécessité, n'est pas localisé dans une des couches de l'écorce, à l'exclusion des autres. D'après Horsley, dont l'opinion est basée sur l'observation de lésions plus ou moins profondes de l'écorce, la sensibilité tactile est localisée dans la couche superficielle, la sensibilité musculaire dans la couche moyenne, et la motricité dans la couche profonde. Pour des raisons que nous n'avons pas à exposer ici, on pourrait peut-être soutenir que les éléments anatomiques derniers des opérations psychiques siègent au niveau de cette dernière couche.

Enfin nous pouvons encore, pensons-nous, sans nous mettre le moins du monde en contradiction avec la doctrine spiritualiste, nous demander si, parmi les éléments anatomiques différenciés en vue des fonctions intellectuelles, il n'existe pas, soit des éléments isolés, soit des groupes d'éléments qui, en plus de leur différenciation générale, possèdent une spécialisation toute particulière, qui les rend aptes, à l'exclusion des autres, à telle ou telle fonction psychique déterminée. Rien, *a priori*, ne s'y oppose, et nous inclinons à croire qu'en fait il en est ainsi.

« Serais-je donc menacé d'excommunication, dit M. Grasset, si, par hasard, je concluais, à la fin de cet article, au maintien du centre cérébral du langage ? » Ceci était écrit en 1907. Depuis lors, M. Grasset a eu le temps de se rassurer ; nous sommes d'ailleurs convaincu que cette menace ne l'a jamais fort effrayé.

Mais si la doctrine spiritualiste ne s'oppose pas à ce que la fonction du langage soit localisée, du moins pour une part, dans le pied de la troisième circonvolution

frontale gauche, — car c'est au sujet de cette localisation spéciale que le débat a commencé (1) — en est-il de même de la science neurologique ?...

M. Grasset conclut à l'affirmative. Après avoir consacré quelques paragraphes à la défense de ses schémas, il passe à la discussion des arguments de M. Marie. L'observation clinique a démontré au savant médecin de Bicêtre que si le malade, dans le cas de surdité verbale, ou dans le cas d'aphasie motrice, ne peut pas parler, ce n'est point parce que, dans le premier de ces cas, il y a eu lésion ou isolement d'un centre spécial, qui serait le siège de la mémoire de la signification des mots (partie moyenne de la première circonvolution temporale gauche), et dans le second, lésion ou isolement d'un autre centre, qui serait celui des images motrices d'articulation (pied de la troisième circonvolution frontale gauche) ; le trouble que l'on constate, chez le sujet, dans la fonction du langage, tient tout simplement à un affaiblissement général plus ou moins marqué de l'intelligence, qui fait que le malade, ou bien ne comprend pas du tout ce qu'on lui dit, ou bien ne le comprend que difficilement : « Chez tout aphasique, il existe un trouble plus ou moins prononcé dans la compréhension du langage parlé ».

C'est pour éviter de nous heurter à cet argument, qu'en parlant des différents troubles du langage, nous n'avons cité que des cas où les sujets étaient *psychiquement normaux*. M. Marie dira que ces sujets *paraissaient* psychiquement normaux, mais que, *en réalité*, ils ne l'étaient pas, et que si l'on avait eu soin d'instituer un examen mental un peu sérieux, on aurait assurément découvert chez eux quelque déficit intellec-

(1) Le premier article de P. Marie a paru dans le numéro du 23 mai 1906, de la *Semaine médicale*, sous le titre : « Revision de la question de l'aphasie. La troisième circonvolution frontale gauche ne joue aucun rôle spécial dans la fonction du langage. »

tuel. Quelle preuve en a M. Marie ?... Son expérience professionnelle, et c'est beaucoup ; aussi M. Grasset lui en tient-il compte : « Pierre Marie nous donne, pour dépister ces troubles (affaiblissements psychiques légers), d'excellents conseils qu'il faut retenir et qu'il faudra dorénavant appliquer ».

Mais il faut remarquer d'abord que l'application, même la plus scrupuleuse, de ces excellents conseils n'arrivera pas toujours à dépister les affaiblissements psychiques légers dont il est question. Puis, ces affaiblissements existeraient-ils, on ne comprend pas bien, surtout s'ils sont si légers que leur constatation est presque impossible, l'influence prépondérante qu'on leur attribuerait dans l'explication des troubles, parfois si profonds, du langage, à l'exclusion presque absolue d'autres éléments, purement physiologiques, et bien localisés. « On trouve... chez les aphasiques énormément plus d'idées qu'ils n'en expriment : le trouble du langage n'est pas parallèle au trouble intellectuel ; *le trouble intellectuel n'explique pas le trouble du langage.* »

D'ailleurs, comme M. Grasset le fait remarquer avec raison, l'*Aphasie de Wernicke* (ou *aphasie sensorielle*, par opposition à l'*aphasie motrice* de Charcot) n'est pas exclusive de tout élément psychique. Nous trouvons cependant que l'illustre clinicien est beaucoup trop conciliant. Le langage, dit-il, « est au premier chef une fonction psychique, et l'aphasie est essentiellement un symptôme psychique. Personne ne le conteste. » Nous croyons cependant qu'on pourrait le contester. Que l'aphasie soit *en fait*, dans l'immense majorité des cas, un symptôme psychique, passe ! qu'elle le soit *essentiellement*, en sorte qu'elle ne puisse ni exister ni se concevoir sans l'intervention d'un élément psychique, c'est peut-être s'avancer beaucoup. Nous pensons qu'on peut le nier tout en restant neurologiste *classique*.

Viault et Jolyet, dans leur *traité élémentaire de phy-*

siologie humaine (p. 874), après avoir cité un cas de cécité verbale pure relaté par Déjerine, l'interprètent ainsi : « L'explication de la cécité verbale pure est la suivante : du fait de son hémianopsie droite, le malade ne voyait plus les lettres avec son hémisphère gauche, et il ne les voyait qu'avec la moitié droite de ses deux rétines en rapport avec l'hémisphère droit intact ; il voyait donc les lettres comme des dessins quelconques, sans signification verbale, par suite de la rupture des communications du centre visuel commun avec le pli courbe gauche, centre de la mémoire visuelle des mots » (1).

Ce qui est vrai pour la cécité verbale, est vrai aussi pour la surdité. Il faut avouer que de pareils cas d'aphasie sensorielle pure sont rares ; mais il s'en présente, et nous ne sommes pas plus en droit de les récuser quand ils sont relatés par Déjerine, que quand ils sont relatés par Marie. Or, dans ces cas, le psychisme n'intervient pas. Les troubles, alors, relèvent précisément de la rupture des communications entre les centres de perception brute et les centres psychiques, soit inférieurs, soit supérieurs. Le malade ne peut pas garder le souvenir de ses perceptions, et il est incapable d'en saisir la signification au moment même où elles se produisent, non pas parce que son intelligence est en déficit, mais parce que, à cette intelligence, n'arrivent plus les ébranlements sensoriels (dans le cas présent, les ébranlements déterminés par les mots articulés ou écrits) sur lesquels elle doit s'exercer. A ce point de vue, l'homme, comme le remarque fort justement Van Gehuchten, ne diffère pas de n'importe quel mammifère (2) : « Chez lui, comme chez les mammifères, les excitations qui viennent ébranler les terminaisons ner-

(1) Déjerine note la « conservation intacte de l'intelligence » chez son malade.

(2) *Anatomie du système nerveux de l'homme*, p. 772. Louvain, 1906.

veuse des nerfs sensibles périphériques sont conduites, par des faisceaux de fibres centripètes, vers l'écorce grise du cerveau terminal et y produisent une modification spéciale des cellules de l'écorce, modification dont la nature intime nous échappe, mais qui est la condition indispensable de ce que nous appelons une *sensation*. Cette sensation sera tactile, visuelle, acoustique, gustative ou olfactive suivant la termination nerveuse périphérique (1) qui aura été excitée et suivant l'endroit spécial de l'écorce (2) auquel l'excitation périphérique aura été transmise. A toutes ces excitations du dehors, notre organisme est en état de répondre, d'une façon adéquate, par des mouvements périphériques grâce à des faisceaux de fibres nerveuses descendantes qui relient l'écorce cérébrale à tous les muscles du corps. Le télencéphale de l'homme doit donc être, dans certaines de ses parties, surtout dans son pallium de projection, la reproduction intégrale du télencéphale des mammifères... Mais à côté de ces fonctions de relation, de ces fonctions communes à l'homme et à tous les mammifères, qui peuvent s'accomplir, chez nous, sans que nous en ayons conscience, le cerveau terminal de l'homme est encore le siège de fonctions beaucoup plus importantes, les *fonctions intellectuelles* ou *fonctions psychiques*. »

Mais il se peut que certaines fonctions, comme la fonction du langage, les facultés psychiques du sujet restant d'ailleurs intactes en elles-mêmes, soient dans l'impossibilité de s'exercer du fait, soit d'une destruction de zones purement sensorielles, à perception brute, soit d'une cause quelconque isolant ces zones d'avec les régions où les actes psychiques s'élaborent. On aura alors des aphasies sensorielles pures, comme l'on pourra

(1) Laquelle, d'ailleurs, pour chacune de nos sensations, est adaptée à l'action d'agents spécifiques.

(2) Endroit adapté, à son tour, à la réception d'un ébranlement spécial.

aussi, pour d'autres raisons, avoir de pures aphémies motrices.

Et d'ailleurs, alors même qu'il faudrait faire intervenir le psychisme dans tous les troubles du langage, cela ne prouverait encore rien contre la doctrine des localisations cérébrales, et M. Grasset aurait raison, s'emparant d'un aveu de M. Marie, d'affirmer : « *La fonction psychique du langage a des centres* SPÉCIAUX *dans l'hémisphère gauche*, et *l'aphasie est un trouble psychique, spécial, distinct des autres troubles psychiques.* »

La question de la localisation de l'aphasie motrice semble être en moins bonne posture que celle de la localisation de l'aphasie sensorielle. On avait placé jusqu'ici le centre moteur du langage parlé, dans le pied de la troisième circonvolution frontale gauche (circonvolution, centre de Broca). Or cette région spéciale de l'écorce peut parfois être lésée sans entraîner d'aphasie motrice, et, par contre, l'aphasie motrice peut exister, le pied de la troisième circonvolution frontale gauche étant intact.

On répond à cela que le centre de Broca est peut-être plus étendu qu'on ne pense. S'il n'y a pas de troubles du langage quand ce centre est lésé, cela tient, sans doute, à ce que la lésion n'est pas assez profonde ou assez étendue. Depuis fort longtemps déjà les neuropathologistes savent que la recherche du champ de Broca n'est pas chose facile, et que ce n'est, par conséquent, qu'avec une extrême prudence qu'ils doivent se prononcer, quand il s'agit d'y localiser une lésion. Facilement on peut la placer « en dehors des limites que les figures schématiques lui assignent. Celles-ci, lorsqu'on a voulu les suivre de trop près, ont rendu parfois de très mauvais services à l'anatomie pathologique et particulièrement à la localisation de l'aphasie motrice... Il existe, en outre, telles dispositions compensatrices du

manteau cortical qui peuvent faire avancer ou reculer le siège du centre de l'aphémie » (Brissaud et Souques), en sorte qu'une lésion localisée au pied de la troisième circonvolution frontales n'intéressera point ce siège, et, par suite, ne déterminera évidemment pas l'aphasie motrice en question.

Il faut tenir grand compte, en effet, des *compensations fonctionnelles*, qui se présentent avec une fréquence telle que Stefani a cru pouvoir avancer qu'il n'y avait pas de centres anatomiques corticaux *nécessairement* prédestinés à telle ou telle fonction spéciale. Il n'existerait pas de centres de *nécessité*, mais des centres d'*opportunité*. Il est vrai que cette opportunité, de quelque façon qu'on la conçoive, est de telle nature qu'elle détermine, en général, des localisations fixes : mais le centre qui, en vertu de l'opportunité, est devenu le centre spécial d'une fonction déterminée, garderait pourtant une *aptitude* anatomo-fonctionnelle à un emploi différent. Ainsi s'expliqueraient les suppléances, qu'il faut bien admettre, puisque la fonction qui a disparu avec la suppression d'un centre peut, après un temps plus ou moins long de rééducation, se rétablir en utilisant un centre différent.

Ainsi, la lésion du centre de Broca n'entraînerait pas, chez certains sujets, le trouble aphasique classique, parce que d'autres centres auraient chez eux, congénitalement ou accidentellement, accaparé la fonction dévolue d'ordinaire aux éléments nerveux de la troisième circonvolution frontale.

On ne saurait s'étonner de ce transfert de fonction, dans un même hémisphère, quand on songe qu'il peut même avoir lieu d'un hémisphère à l'autre. Les gauchers des membres sont, en effet, droitiers du cerveau, et c'est une lésion du pied de la troisième circonvolution frontale *droite* qui détermine chez eux l'aphasie motrice. Cette sorte de contre-épreuve est

même d'une très grande valeur pour établir la vérité de la localisation de Broca,

Quant au fait qu'il peut y avoir aphasie motrice sans lésion du centre de Broca, ce n'est point là, non plus, un argument péremptoire contre la doctrine classique. Il faut remarquer, comme précédemment, que la localisation du centre peut varier topographiquement d'un sujet à l'autre. En général, ce centre siège dans le pied de la troisième circonvolution frontale gauche. Si, dans quelques cas, il ne se trouve point exactement dans les limites, plus ou moins précises, de cette région, cela n'empêche pas qu'il existe, et que, par conséquent, la doctrine qui admet la localisation des centres du langage, ne soit vraie.

D'ailleurs, on sait bien, par exemple, que la plupart des neuropathologistes proclament l'existence d'une lésion à la base des troubles hystériques, bien que cette lésion n'ait jamais été révélée. Pourquoi n'en serait-il pas de même de la lésion qui mettrait hors de service les éléments du centre de Broca ?... Raymond a écrit que dans le cas des *Névroses* les altérations « peuvent être d'ordre *chimique*, intéressant les humeurs ou les éléments anatomiques, et plus ou moins analogues à certaines modifications que l'on commence à entrevoir (état trouble des cellules, différences de fixation des matières, colorantes, etc.). Elles peuvent être simplement *physiques*. Il se produirait alors, dans l'organisme, quelque chose de comparable à ce qui se passe dans un barreau de fer doux aimanté : dans ce nouvel état, on ne connaît rien, absolument rien, qui distingue le barreau de fer de ce qu'il était avant l'aimantation, si ce n'est ses propriétés physiques toutes nouvelles (1). »

Il n'est pas impossible qu'il en soit de même dans le

(1) *Névroses et Psycho-Névroses*, p. 3, Paris 1907.

cas de l'aphasie motrice sans lésion *apparente* du centre de Broca.

Il ne s'agit pas, d'ailleurs, pour M. Marie, de supprimer les localisations. Il est trop évident qu'il faut les admettre, et, pourvu que l'on réserve la question des spécialisations de détail, on peut sans doute adhérer à cette parole de Brissaud et Souques : « Il n'y a plus à parler de la *doctrine* des localisations cérébrales. Une doctrine est discutable. Les localisations cérébrales ne sont pas plus discutables que telles autres de ces grandes vérités dont les siècles se sont successivement enrichis et s'honorent. Elles ne sont pas plus discutables que les localisations spinales ; ce sont les mêmes localisations fonctionnelles ; le mécanisme est partout le même, de l'extrémité inférieure à l'extrémité supérieure du névraxe. »

Mais précisément M. Marie reproche aux neuropathologistes d'avoir voulu trop spécialiser : « C'est une erreur de s'ingénier, du moins par la méthode anatomo-clinique, à dissocier ce territoire (de Wernicke) en centres divers, dont les uns seraient préposés à l'audition des mots (surdité verbale), les autres à la lecture (alexie) etc., etc. ». Et il est bien sûr, en effet, que si l'on peut concevoir, en théorie, l'existence de ces centres secondaires, les cas qui permettraient, cliniquement, de contrôler cette existence, ne se présentent presque jamais avec des caractères de pureté, de spécialisation, capables d'en favoriser l'étude à ce point de vue particulier. « Le langage, dit Grasset, est une grande fonction centripetocentrifuge ou sensoriomotrice avec un gros appareil nerveux complexe et un vaste centre cortical, dont les diverses parties sont solidaires. Les divisions en espèces particulières d'aphasie correspondent rarement, en clinique, à la réalité absolue ; les lésions et par suite le tableau symptomatique sont le plus souvent complexes. »

M. Marie a présenté sa défense dans la REVUE même où M. Grasset avait publié son attaque (1). Il prétend que M. Grasset a donné de ses opinions sur l'aphasie une idée tout à fait inexacte, ce qui lui semble étonnant, car il reconnaît à M. Grasset des qualités éminentes de vulgarisateur.

Il nie l'existence, dans l'hémisphère gauche, d'un *centre sensoriel auditif verbal* localisé dans la première temporale, d'un *centre sensoriel visuel verbal* localisé dans le pli courbe, d'un *centre moteur graphique* localisé dans la deuxième frontale, enfin d'un *centre moteur verbal* localisé dans la troisième frontale. Mais il admet pourtant l'existence d'une région spéciale, la *zone de Wernicke*, assez vaguement délimitée par le Gyrus supramarginalis, le pli courbe et le pied des deux premières circonvolutions temporales, et il avoue que des troubles dans la compréhension du langage parlé coïncident parfois avec la lésion de cette zone. Ce surtout à quoi il se refuse, c'est à « subdiviser *ex professo*, comme le font les auteurs classiques, la zone de Wernicke en centres distincts ayant chacun une fonction spéciale ». Ce qui sépare aussi très nettement son opinion de celle des classiques, c'est que, dans le cas de troubles du langage, à la suite de la lésion de la zone de Wernicke, il constate toujours un déficit dans l'intelligence. C'est ce déficit, qu'il rapporte « *à la lésion même de la* ZONE DE WERNICKE *en tant que centre* INTELLECTUEL », qui, à son avis, explique les troubles, en sorte que ces troubles « *sont dus à un trouble d'*ÉLABORATION INTELLECTUELLE *et non, comme le disent les auteurs, à un trouble de* RÉCEPTION SENSORIELLE. »

La discussion, placée sur ce terrain, peut s'éterniser. Les classiques diront que dans certains cas, malgré les affirmations contraires de M. Marie, les aphasiques ne

(1) REVUE DE PHILOSOPHIE, t. X, pp. 207 et suiv.

présentent absolument aucun trouble intellectuel et que, par conséquent, quand il s'agit de l'aphasie de Wernicke, les déficits du langage se rapportent bien à un trouble de RÉCEPTION SENSORIELLE. Ils feront peut-être aussi remarquer qu'un trouble intellectuel n'explique pas la spécialisation de l'incompréhension du langage à certains mots ou à certains signes, à moins que ce trouble lui-même ne soit spécialisé, et il ne peut l'être qu'en vertu de la spécialisation de son substratum anatomique, d'où la nécessité d'admettre dans la zone de Wernicke, non seulement les centres premiers classiques, mais aussi, croyons-nous, des centres secondaires. Ce n'est point là de la théorie pure : c'est une explication que semble exiger l'interprétation adéquate de faits dûment constatés.

Les travaux de P. Marie, qui ont donné lieu à cette controverse, ont été publiés en 1906, dans la *Semaine médicale* du 23 mai, du 17 octobre et du 28 novembre. La clinique de l'aphasie s'est, depuis lors, enrichie de faits nouveaux dont les uns sont présentés comme favorables aux idées de P. Marie, les autres aux idées des classiques.

Dès le 17 novembre de la même année, J. Déjerine publiait, dans la *Presse médicale*, un article en faveur de la localisation de Broca, basé sur deux observations, d'après lui absolument démonstratives, l'une publiée par P. Ladame et l'autre par lui-même.

En octobre, Alberto Rovighi avait déjà fait connaître, lui aussi, un cas d'aphasie motrice qui lui paraît contraire aux opinions de P. Marie (1).

A la même date, G. Variot et Lecomte faisaient paraître dans la *Gazette des Hôpitaux* (30 octobre 1906) l'observation d'un malade atteint de *cécité ver-*

(1) LA RIFORMA MEDICA, 20 octobre 1906.

bale congénitale, dont les facultés intellectuelles étaient normales, chez qui, par conséquent, les troubles du langage devaient être interprétés comme des troubles de réception sensorielle.

Mais des défenseurs de P. Marie n'ont pas tardé à surgir. Avant même que ne fût publié son dernier article, et d'ailleurs dans la même REVUE (1), M. Fernand Bernheim prenait la plume pour faire savoir que le mouvement anti-localisateur actuel était déjà vieux de douze ans, et pour revendiquer, en faveur de Bernheim (de Nancy) l'honneur de la priorité. Bernheim (de Nancy), lui-même, l'année suivante, faisait paraître une brochure intitulée : *Doctrine de l'aphasie, conception nouvelle* (Paris, 1908), dans laquelle il consigne, en les mettant au point, les opinions que depuis de longues années il expose dans son enseignement. Pour lui, les centres corticaux du langage ne sont que des centres de perception brute. La perception sensorielle se fait dans le lobe frontal, lequel serait le siège des perceptions qui se rapportent au langage, comme il est le siège de toutes les autres opérations intellectuelles...

Nous n'en finirions pas si nous voulions citer et apprécier tous les travaux qui ont paru sur cette question pendant les cinq dernières années, et d'ailleurs la conclusion que nous devrions en tirer n'avancerait pas beaucoup le lecteur, aucun de ces travaux n'ayant apporté de solution définitive.

Nous nous contenterons de faire à ce sujet une seule remarque, et ce sera pour exprimer le regret que le débat ait pris un caractère presque exclusivement clinique.

Dans son article sur *la soi-disant surdité verbale des Aphasiques* (2), après avoir déclaré que la revision

(1) SEMAINE MÉDICALE, 7 novembre 1906.
(2) NEUROL. CENTRALBL., n° 7, p. 290-298, 1er avril 1908.

de l'aphasie s'impose. H. Liepmann réclame, comme disposition préalable, qu'on ne soit point esclave des anciennes lois dogmatiques. C'est fort bien ; mais il y a pourtant un esclavage qu'il faut subir : celui des faits, et Liepmann prétend bien nous réduire à cet esclavage-là. Or, si les faits ont autrefois imposé des *lois dogmatiques*, Liepmann aura beau faire, il faudra bien qu'il plie ses idées à ces lois. Parmi ces faits, il en est certains, d'un très grand poids en l'espèce, et qu'on laisse beaucoup trop de côté dans toute cette discussion sur les localisations cérébrales : les faits embryogéniques relevés par Flechsig. Brissaud et Souques, qui y font allusion dans le chapitre des *Localisations cérébrales* du traité de Médecine que nous avons déjà cité (t. IX, p. 25), concluent, au sujet de la distinction entre la zone des centres de projection et la zone des centres d'association : « Cette théorie de Flechsig n'a pas jeté de lumière nouvelle sur la question qui nous occupe ». Ce jugement est bien sévère. Si la méthode embryologique de Flechsig « n'a pas jeté de lumière nouvelle », ce qui n'est pas tout à fait juste, elle a apporté du moins aux théories déjà ébauchées par Foville et Pinel Granchamp, en 1823, une confirmation histologique, dont les observations cliniques avaient grand besoin.

« Nous ne connaissons les centres du cerveau humain, a écrit P. Marie, que par les phénomènes de déficit qui se produisent à l'occasion de leur destruction (1) » ; ajoutons : ou à l'occasion de leur non développement. Cela revient sans doute un peu au même, car des centres non développés, et des centres détruits, étant des centres qui ne fonctionnent pas encore, ou qui ne fonctionnent plus, il doit y avoir, dans les deux cas, des phénomènes de déficit. Mais cette remarque suffit pour légitimer l'introduction, dans l'étude des centres

(1) Revue de Philosophie, t. X, p. 213, 1907.

cérébraux, de la méthode de Flechsig, qui permet de révéler ces centres, en se basant sur l'évolution de leurs éléments constitutifs. Cette méthode a même quelques avantages sérieux sur la méthode clinique. Dans celles-ci, « c'est la nature elle-même qui se charge de produire la destruction de tel ou tel centre nerveux donné. Cette méthode remplace donc, en quelque sorte, dans l'étude du cerveau de l'homme, la méthode expérimentale si importante pour établir les connexions anatomiques dans le système nerveux des mammifères, avec cette différence cependant que, chez les animaux, nous pouvons produire la lésion au point spécial dont nous désirons étudier les connexions et la limiter à notre gré ; tandis que, chez l'homme, la méthode est plus longue et plus laborieuse parce que nous devons attendre que la nature ait produit la lésion désirée, l'ait produite dans les limites requises et n'ait produit qu'elle, ce qui ne s'observe que dans des cas excessivement rares. La méthode embryologique de Flechsig est beaucoup plus maniable (1). » Cette méthode (2), entre les mains de Flechsig lui-même, a donné, au point de vue de l'organisation interne du télencéphale, et spécialement de la subdivision de l'écorce cérébrale en zones spéciales, des résultats dont il faut encore tenir compte. C'est d'après ces résultats, contrôlés par les observations cliniques, que la doctrine classique sur la localisation des centres nerveux et le fonctionnement propre à chacun de ces centres, s'est formulée. L'étude du développement, chez l'enfant, de la fonction du langage, est venue apporter elle aussi, comme nous l'avons déjà dit, à cette doctrine, une confirmation dont il ne faut point exagérer la valeur, mais dont il serait tout aussi injuste de ne pas se soucier. Certains états, avons-nous fait remarquer, qui sont pathologiques chez un

(1) Van Gehuchten : *Anatomie du système nerveux de l'homme*, p. 773.

(2) La méthode embryologique de Flechsig consiste, comme nous l'avons déjà dit, dans l'étude de la marche de la myélinisation des fibres nerveuses.

homme adulte, où ils résultent d'un accident qui supprime ou trouble une fonction déjà établie, sont naturels chez l'enfant dont l'évolution n'est point encore achevée : la non myélinisation, chez lui, des éléments de telle ou telle région de l'encéphale, produit le même résultat que chez l'adulte la lésion de ces zones déjà myélinisées. « A la phase d'organisation de début du langage, chez l'enfant qui comprend le sens des mots et s'en souvient, répond, chez le malade, l'*alalie*, l'aphasie motrice hystérique ou perte de la mémoire des mouvements d'articulation des mots. A la phase, plus avancée, où l'enfant prononce les mots, mais oublie encore certains sons et les remplace par d'autres, répond chez le malade la perte progressive de la domination des muscles, et de la coordination des mouvements nécessaires à l'émission des mots (mogilalie, paralalie). A la difficulté qui se montre plus tard pour l'enfant à former correctement les phrases, correspondent chez le malade les phrases incomplètes, ou formées par un mot, la confusion des mots (bradyphasie, paraphasie, etc.). Dans la dernière phase d'organisation du langage, enfin, l'enfant suit mal le cours de ses idées ; l'amnésique, au début, commence à le perdre, pour peu que sa pensée soit complexe (1). »

Or, à chacun de ces stades répond, chez l'enfant, l'arrivée à maturité de centres spéciaux, et à chacun de ces troubles répond, chez le malade, la lésion de ces mêmes centres. Une pareille coïncidence mérite assurément d'attirer l'attention, et si *la revision de l'aphasie s'impose*, comme le pense, avec Liepmann, toute la nouvelle école, il n'est nullement nécessaire, pour nous servir de l'expression de M. Grasset, que cette revision prenne les allures d'un « chambardement ».

L. Boule, S. J.

(1) Viault et Jolyet, *Traité élémentaire de physiologie humaine*, p. 875.

VARIÉTÉS

I

A PROPOS D'UNE HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES (1)

(Suite)

Dans les deux derniers articles de notre étude sur les Mathématiques au Moyen Age, nous avons décrit le vaste mouvement intellectuel de l'Europe aux XIIe et XIIIe siècles, siècles des croisades, siècles de la formation des communes, siècles des universités naissantes. Nous avons indiqué les conditions nouvelles de l'étude et de l'enseignement des sciences en cette période de transformation de la société chrétienne. Nous avons montré les Mathématiques véritables faisant leur entrée dans l'Europe latine, qui depuis de longs siècles vivait de quelques débris de la science gréco-romaine : vers 1120, l'arabisant Adélard de Bath révèle l'antique Géométrie grecque aux savants de l'Occident latin, par sa version d'un texte arabe ou plutôt d'une accommodation arabe des *Éléments* d'Euclide (2) ; en l'espace de quelques années, le même moine anglais Adélard et ses premiers imitateurs, tels que Robert de Rétines, Jean de Séville, Gérard

(1) *Histoire des Mathématiques*, par W.-W. Rouse Ball. Édition française, par L. Freund. — Deux tomes. Paris, A. Hermann, 1906-1907.

Voir REVUE DES QUEST. SCIENT., 3e série, t. XVII, avril 1910, pp. 606-615, et t. XIX, avril 1911, pp. 600-616.

(2) A la page 604 de notre dernier article (avril 1911), ligne 4e de la première note, nous avons écrit par inadvertance : *le texte latin* de la recension de Théon ; au lieu de : *le texte grec* de la recension de Théon.

de Crémone, élaborent en Espagne et publient coup sur coup diverses traductions latines de deux manuels arabes, composés trois cents ans plus tôt à Bagdad par Mohammed-ben-Mouça, surnommé Al-Khorizmi, — *De Numero Indorum* et *Al djebra et al mukâbalah*, — et ils dotent ainsi l'Europe chrétienne de deux sciences arabes, toutes neuves pour elle : une Arithmétique décimale caractérisée par un merveilleux algorithme, et l'Algèbre. Nous verrons plus tard l'influence vraiment immense exercée par ces deux humbles manuels de l'illustre et savant bibliothécaire du khalife Al-Mamoun sur le développement de la science européenne.

Complétons ici ce que nous avons dit déjà, dans notre article dernier, de la personne et des écrits de quelques-uns des laborieux arabisants, appartenant aux pays les plus divers, — Robert de Rétines, Hermann le Dalmate, Rodolphe de Bruges, Jean de Séville, Gérard de Crémone, — qui au second et au troisième quarts du XIIe siècle furent les brillants continuateurs de l'œuvre scientifique de Platon de Tivoli et d'Adélard de Bath (1).

Robert de Rétines, ou plutôt de Reading (2), est le premier qui nous apparaît marchant sur les traces d'Adélard. Était-il

(1) A propos de Platon de Tivoli, ou *Plato Tiburtinus*, dont nous nous sommes occupés dans l'avant-dernier article, ajoutons que nul peut-être ne saura jamais le nom véritable caché sous le pseudonyme grec. Ouvrier de la première heure, il a eu la gloire, par sa version *Liber Embadorum* du Traité des Aires de Savasorda, d'introduire le premier en Occident, dès 1116, la Géométrie pratique gréco-arabe. — Sous le même pseudonyme, il a donné les traductions latines de nombreux ouvrages, soit astronomiques soit astrologiques, de Ptolémée (le *Quadripartitum*), de Théodose (les *Sphériques*, qui sont une introduction géométrique à l'Astronomie), d'Al-Battâni (l'*Opus astronomicum*, ou *De motu Stellarum* : voy. REV. DES QUEST. SCIENT., avril 1906, pp. 663-667, art. de H. Bosmans), d'Al-Manzor (*De Judiciis*), d'Al-Imrani (*De Electionibus* : voy. BIBL. MATHÉM. d'Eneström, déc. 1905, p. 238), etc. — Voy. B. Boncompagni, *Delle versione fatte da Platone Tiburtino*, Rome, 1851. Voy. aussi Riccardi, *Biblioteca Matem. Ital.*, 1870, col. 287, et l'art. consacré par B. Hauréau en 1862 à Platon de Tivoli dans la *Biogr. génér.* de Hoefer.

Le *De Geometriâ practicâ* de la Biblioth. Nation., anc. Fonds latin, n. 7224, et le *Liber Embadorum*, même Biblioth., Supplém. latin, n. 774, — indiqués par Hauréau, *art. cité*, — sont deux copies d'une même œuvre, sous deux titres différents : ces deux mns. ont servi à Curtze pour son édition du *Liber Embadorum* de 1902 ; le second de ces mns. avait été signalé et décrit par Libri en 1838.

(2) Reading, sur la Tamise, à quarante milles en amont de Londres. Voy. notre art. précédent, avril 1911, p. 605, note.

moine lui aussi, comme son compatriote Adélard ? Nous l'ignorons (1). Nous savons que ce savant anglais séjournait en Espagne vers l'année 1141, sur les bords de l'Èbre, et en compagnie d'Hermann le Dalmate se livrait à l'étude de l'Astronomie et de la Géométrie. Tous deux étaient très versés dans la langue arabe : nous les avons vus interrompre leurs études favorites, pour accéder au désir de l'Abbé de Cluny, Pierre le Vénérable, en élaborant pour lui une version latine de l'Alcoran. Robert paraît s'être fixé en Espagne : en 1143, Pierre de Cluny nous le montre archidiacre de Pampelune (2). — Parmi les services rendus aux sciences exactes par Robert de Rétines, rappelons sa traduction de l'*Algèbre* d'Al-Khorizmi : il la fit à Ségovie en l'an 1183 de l'ère d'Espagne, ou 1145 de notre ère, et elle existe encore en manuscrit à Vienne et à Dresde (3). Un *De Composi-*

(1) En 1121, le roi d'Angleterre Henri Ier, surnommé Beauclerc à cause de son amour de la science, fonda à Reading une abbaye de Bénédictins, fille de Cluny ; elle compta bientôt deux cents moines. L'acte de fondation est de 1125 ; une abbaye bénédictine y avait existé antérieurement, mais avait été détruite vers 1006 (cf. W. Dugdale, *Monasticon Anglic.*, édit. 1823, t. V). Il est possible que peu d'années avant la fondation de 1121 quelques moines soient venus se fixer à Reading. — Cependant Robert paraît avoir été un clerc séculier et non un moine ; car on le voit occupant en 1143 la charge d'archidiacre de Pampelune, en Espagne.

(2) Pierre de Cluny, dans une lettre de 1143 à S. Bernard de Clervaux, que nous avons citée, dit en parlant de cet Alcoran traduit en 1141 : ... ex Arabico ad Latinitatem perduxi, interpretantibus scilicet duobus viris utriusque linguæ peritis, Roberto Retenensi de Angliâ, qui nunc Papilonensis Ecclesiæ archidiaconus est, Hermano quoque Dalmata, acutissimi et litterati ingenii scholastico. Quos in Hispaniâ circâ Iberum astrologicæ arti studentes inveni, eosque ad hæc faciendum multo pretio conduxi ... (Migne, *P. L.*, t. 189, col. 649-650.)

Robert de Rétines mit en tête de cette version latine de l'Alcoran une longue dédicace à Pierre de Cluny (reproduite par Migne, *ibid.*, col. 667-670), où il loue la sagesse de cet Abbé : ... tuam sapientiam, quæ me compulit interim *astronomiæ geometriæque studium meum principale* prætermittere.

(3) Cod. Vindeb., n. 4770, fol. 1-12; cod. Dresd., C 80, fol. 340-348. — Voy. notre art. précédent.

La Bibliotheca Mathematica d'Eneström vient de faire connaître (n. d'avril 1911) une copie datant du XVIe siècle de cette version de l'*Algèbre* d'Al-Khorizmi par Robert de Rétines : *Robert of Chester's Translation of the Algebra of Al-Khowarizmi*, par L. C. Karpinski, d'Ann Arbor.

Cette copie, qui appartient à l'Université de Columbia, a été faite par Jean Scheubel, — « in inclyta Tubingensi academiâ Euclidis professore ordinario » : c'est le titre qu'il se donne à lui-même. — Ce Jean Scheubel, qui publia en 1550 une édition d'*Euclide*, a précisément muni cette édition d'un exposé des règles de l'Algèbre, en 76 pages, en guise de préface, intitulé : « Brevis regularum Algebræ descriptio, unâ cum demonstrationibus geometricis. »

tione Alchemiæ et un *De Compositione Astrolabii*, traduits de l'arabe l'un vers 1145, l'autre deux ans plus tard, lui sont aussi attribués (1). Il est douteux qu'il ait collaboré à la traduction du *Planisphærium* de Ptolémée.

De Robert de Rétines, rapprochons un autre savant anglais, venu un demi-siècle plus tard, et qui lui aussi séjourna en Espagne, Daniel de Morley, ainsi nommé de sa ville natale, Morley dans le Norfolk (2). Formé à l'étude des sciences dans les universités naissantes d'York et de Paris, il s'éprit des Mathématiques et s'apprêta à partir « pour l'Arabie », afin de s'y instruire en cette science, mais la renommée des travaux des premiers arabisants chrétiens de Tolède l'attira en Espagne, où il satisfit sa soif des sciences nouvelles. De retour en sa patrie, il composa des écrits, dédiés pour la plupart à l'évêque de Norwich, Jean d'Oxford. On cite de lui un *De Superiore Mundo et de Inferiore Mundo* et un *De Principiis Mathematices* en deux Livres.

Du reste, « nombreux furent — nous dit Wallis, dans son » vaste *Traité historique et pratique d'Algèbre*,— les Anglais qui » au XIIe et au XIIIe siècle ne surent se cantonner dans la Philo- » sophie scolastique et allèrent demander à la littérature arabe » la science mathématique que celle-ci avait en dépôt (3). » Outre Adélard, Robert de Rétines et Daniel de Morley, l'illustre algébriste cite un certain William de Shelley. Ce William de Shelley, ou William Shelley, aurait, d'après Wallis — qui l'appelle aussi *Gulielmus de Conchis*, — visité l'Espagne au même temps que Robert de Rétines ou peu avant, s'y serait appliqué à l'étude de l'arabe et des Mathématiques, et aurait rapporté d'Espagne en Angleterre divers ouvrages arabes : « Les manu- » scrits de Guillaume de Shelley et ceux de Daniel de Morley se » trouvent encore, nous dit Wallis, à la Bibliothèque du Collège » du *Corpus Christi*, à Oxford. Deux préfaces, mises en tête des » uns et des autres, nous faisaient connaître ces deux auteurs et » nous racontaient leurs voyages : l'une des deux racontait aussi

(1) Dans la version latine, faite sur l'arabe en 1144, par Rodolphe de Bruges, du *De Planisphærio* de Ptolémée (publiée en 1536 : voy. notre art. précédent, p. 605), un certain passage, que nous donnerons plus loin, p. 578, en note, permet d'attribuer aussi à Robert de Rétines une traduction latine des *Canons* d'Al-Battâni.

(2) Jean Pits, *De Rebus Anglicis*, t. I, Paris, 1619, n. 260, le fait vivre au temps du roi Richard Ier, vers l'an 1190.

(3) *De Algebra, tractatus historicus et practicus. Anno 1685 Anglice editus; Nunc auctus Latine.* Oxford, 1693, pp. 5 et 6; cf. *ibid.*, p. 12.

» les pérégrinations d'Adélard ; mais ces préfaces ont disparu, » arrachées par une main inconnue (1). » — Nous avouons n'avoir trouvé aucune trace de l'existence d'un mathématicien anglais qui s'appelât William de Shelley. Wallis écrivait sans avoir sous les yeux les manuscrits de ce William ou du moins leur préface, et il a pu faire une confusion. Il a existé durant la première moitié du XIIe siècle un *Gulielmus à Conchis*, qui s'intéressa vivement aux sciences physiques ; mais ce savant n'était point un anglais : c'était le philosophe Guillaume de Conches, célèbre par ses démêlés théologiques avec Guillaume de St-Thierry, et né à Conches en Normandie et non à Shelley dans le Yorkshire (2). On ne sache pas, d'ailleurs, qu'il ait composé aucun écrit de Mathématiques, et il semble n'avoir jamais voyagé hors de

(1) ... Atque hi quidem duo eruditionem hanc [Mathematicam] mature admodum in Angliam advexerunt, librosque Arabicos aliquammultos. De duobus hisce *(Gulielmo de Conchis* et *Daniele Merlaco)* suisque itineribus erat non ità pridem conspicienda particularis narratio, in duabus Præfationibus præfixis duobus illorum libris Manuscriptis in Bibliotheca Collegii *Corporis Christi*, Oxoniæ, sed nuper (ignota manu) excisæ atque surreptæ sunt præfationes illæ. In quarum altera facta erat mentio itinerum *Athelardi Bathoniensis*, quæ igitur hoc nomine citatur à Gerardo Vossio. Si cui in manus inciderunt Præfationes illæ, omnino exorandus est, ut vel illas ipsas, vel earum saltem apographa restituat, aut alia saltem ratione publici juris faciat, ne pereat penitus tam celebre monumentum. (Wallis, *op. cit.*, p. 6.)

(2) Voy. Barth. Hauréau, *Hist. de la Philosophie scolastique*, Partie Ire (1672), pp. 431-446, et du même la notice sur *Guillaume de Conches*, dans la *Nouv. Biographie générale*, de Hoefer, t. XXII (1858), pp. 667-673. Cf. l'*Hist. littér. de la France*, t. XII (1763), pp. 455-466 et 322.

Né à Conches en Normandie vers 1080, le savant et trop aventureux métaphysicien enseignait à Paris en 1122 et y mourut après 1154. Dans sa *Philosophia mundi*, qui fut publiée tantôt parmi les œuvres de Bède, tantôt parmi celles d'Honoré d'Autun (Migne la donne parmi celles-ci, *P. L.*, t. 172, col. 11-100 : cf. *Hist. litt.*, t. XII, p. 178), mais qui est bien de lui, comme Hauréau l'a établi (*Biogr. génér.*, endroit cité), Guillaume de Conches expose dans le Livre Ier sa Théodicée, où il émet des opinions hasardées et même gravement erronées, qu'il rétractera plus tard; dans le livre IIe, son Astronomie; dans le Livre IIIe, ses théories sur le monde sub-lunaire, c'est-à-dire sa Météorologie; dans le livre IVe, ses opinions sur la Terre, sur les Antipodes, qu'il déclare possibles, et sur l'Homme. Ses pages sur l'organisme cérébral de l'homme et sur sa phrénologie, dans cette *Philosophia mundi* et surtout dans sa *Secunda Philosophia* (voy. Hauréau, *Hist. de la Phil. scol.*, *l. c.*), sont d'une psychologie naïve : il reproduit les idées du moine Constantin l'Africain, le vulgarisateur des doctrines des médecins arabes, et le cite.

Que le « Gulielmus de Shelley » de Wallis ne soit autre cependant que le Guillaume de Conches français, nous n'en doutons plus, après avoir rencontré dans le *Catalogus libr. mns. Angliæ et Hiberniæ* (Oxford, 1697), au n. 95 du

France et n'avoir connu aucun livre scientifique d'origine arabe, sauf des écrits latins d'Adélard de Bath et du moine Constantin, rédigés sous l'influence de la science arabe : peut-être les *Quæstiones naturales* de celui-là et certainement les ouvrages de celui-ci sur les doctrines médicales des Orientaux.

Le plus habituel compagnon de travail de Robert de Rétines en Espagne fut Hermann le Dalmate, appelé souvent aussi Hermann le Second.

De bonne heure Hermann le Dalmate s'était attaché à Robert de Rétines et partagea la passion de ce maître pour les études astronomiques et son ardeur dans la culture de l'arabe. Pierre de Cluny l'avait hautement apprécié dès 1141 : c'était, dit-il, « un écolâtre d'un goût cultivé et d'un talent excellent (1). » Il est difficile de déterminer, parmi les nombreuses versions d'écrits scientifiques arabes faites au XIIe siècle, quelles sont celles qui sont vraiment son œuvre : ses contemporains eux-mêmes, nous l'avons dit, mirent parfois un peu au hasard tantôt son nom, tantôt celui de son jeune disciple Rodolphe de Bruges, tantôt celui d'un autre Hermann, en tête de ces savants et précieux manuscrits.

Nous ne doutons guère cependant, et nous en avons dit les raisons, que la traduction latine du *Planisphærium* de Ptolémée, faite en 1144 ou 1143 sur la version arabe de Maslam et publiée pour la première fois en 1536 à Bâle par les soins du savant Ziegler (2), ne soit bien due à Hermann le Dalmate, ou plus exactement ne soit l'œuvre commune de cet Hermann et de son disciple Rodolphe de Bruges.

Catalogue des *Cod. manuscr. Collegii Corporis Christi*, l'indication suivante : « N° 1562, 95. Philosophia Magistri Danielis de Morlach, alias Morley. Philosophia Wilhelmi de Conchis, alias Shelly. Albumazar liber Introductorii in Astrologiam, 4to. ». — Rappelons l'équivalence entre le mot anglais *Shell* (coquille) et le mot latin *Concha*.

(1) *Écolâtre :* c'est bien le sens — conjecturons-nous — qu'il convient de donner ici au mot *scholasticus :* au temps de Pierre le Vénérable, ce terme désignait tantôt le jeune homme qui se consacrait aux études, tantôt l'*écolâtre* c'est-à-dire le clerc à qui le prélat avait confié la charge ou conféré le droit d'enseigner dans l'école épiscopale ou claustrale.

(2) Voy. notre article d'avril 1911, p. 605 (une faute de plume nous a fait écrire, dans le texte de cette p. 605, Werner au lieu de Valder). L'opuscule occupe les pp. 227-274 du recueil d'ouvrages sur la sphère, *Sphæræ atqve Astrorum cœlestium ratio, natura et motus*, imprimé à Bâle par Valderus. L'astronome Abul-Casim Malasma ben Ahmed Al-Madjridi vécut à Cordoue et mourut en 1007 ; dans la traduction latine, son nom devient « Maslem ».

Une remarque, incidemment insérée dans un passage de cette version du *Planisphærium* par l'auteur principal ou par les auteurs de cette version, autorise à croire qu'Hermann et Rodolphe, ou du moins l'un des deux, ont aussi traduit les *Canons*, ou Tables astronomiques, d'Al-Khorizmi, dont déjà Adélard de Bath avait donné une version (1).

Un autre Hermann, trop souvent confondu avec le collaborateur de Robert de Rétines, était un bénédictin souabe du siècle précédent, Hermann le Contrefait, — *Hermannus Contractus* (1013-1054), — célèbre chroniqueur qui vécut dans l'abbaye de Reichenau. Il est malaisé d'admettre que ce pieux moine paralytique, qui durant sa rapide carrière ne connut d'autres horizons que ceux dont on jouit au lac de Constance, ait jamais eu la possibilité ou même la pensée, surtout en cette première moitié du XIe siècle, d'apprendre la langue arabe. Certes, on

(1) A propos d'un point obscur du *Planisphærium*, les auteurs de la version écrivent : Quem locum à Ptolemæo minus diligenter perspectum cum Albatene miratur et Alchoarismus : quorum hunc quidem ope nostra Latium habet, illius vero commodissima translatio Roberti mei industria, Latinæ orationis thesaurum accumulat. Nos discutiendi verbi rationem in libro nostro de circulis damus. (*Planisph.*, édit. 1536, p. 234.)

Cet *hunc quidem* [*Alchoarismum*] *ope nostra Latium habet* semble bien désigner une version des *Canones* d'Al-Kharizmi. Quant aux mots *illius vero commodissima translatio Roberti mei industria* .... ils semblent indiquer qu'une traduction ou une accommodation latine des *Canones* d'Al-Battâni a été faite par ce Robert de Rétines, dont Hermann avait été longtemps le compagnon de travail et que, du reste, Rodolphe aussi peut appeler *Roberti mei*. — Observons encore que l'opposition des mots *ope nostra* et *Roberti mei* favorise l'opinion que Robert ne fut point un des auteurs de cette version du *Planisphærium*.

Les mots *in libro nostro de circulis* permettent de dire que Rodolphe ou Hermann — lequel des deux ? nous ne savons, — ont écrit un traité *de Circulis*. On s'y occupait sans doute de questions de Cosmographie ou de l'Astrolabe, et non de la Géométrie. Trithème (*De Script. ecclesiast.*, édit. 1546, p. 156) attribue à un homonyme du second, à Hermann le Contract, un *De Quadraturâ* : nous pensons qu'il y a confusion dans le nom de l'auteur et dans le titre.

On attribue encore à Hermann le Dalmate une version d'une œuvre astrologique de Zael, et Steischneider donne un argument qui porte à ranger aussi parmi ses œuvres la version latine de l'*Introduction à l'Astronomie* d'Albumazar, ou Abu'l-Maasciar.

Voy., au sujet des problèmes soulevés par l'examen de la célèbre version du *Planisphærium*, les discussions de Bubnov, *Gerberti Op. math.*, p. 114 ; de Steischneider, Bullett. Boncompagni, t. V, 1872, pp. 452-453 ; de Wüstenfeld, *Die Uebersetzungen Arabischer Werke in das Lat. seit dem XI. Jahrh.*, 1877, pp. 50 et sqq.

trouve des moines qui dès cette époque recueillaient au hasard de leurs lectures les mots orientaux, arrivés Dieu sait comment par l'Espagne ou par l'Italie, et faisaient naïvement étalage, par exemple, des noms arabes des planètes ou des signes zodiacaux (1) ; mais de là à une connaissance vraie de la littérature scientifique hispano-arabe, il y a loin encore. Remarquons aussi le silence absolu du disciple et biographe d'Hermann le Contract, le moine Berthold, qui dans le catalogue détaillé des ouvrages de son maître n'insère point ces écrits sur l'Astrolabe et ne laisse point deviner que le chroniqueur de Reichenau ait su l'arabe (2). Pour plus d'une raison, on peut donc mettre en doute que le moine de Reichenau soit l'auteur d'un seul des trois écrits sur l'Astrolabe que Jacques de Bergam, Jean Trithème et d'autres lui attribuent et que Pez a publiés en 1721 d'après un manuscrit de Salzbourg du XIIe siècle. — De ces trois opuscules, écrits à la suite l'un de l'autre dans ce même *codex* de Salzbourg qui déjà avait fourni à Pez la *Geometria Gerberti*, le premier — *De Mensura* (ou *De Compositione*) *Astrolabii* — porte bien en son en-tête naïf le nom d'Hermann, et d'un Hermann moine et philosophe, mais il s'agit fort probablement d'Hermann le Dalmate, et non de son homonyme de Reichenau (3).

Un des plus précieux manuscrits de l'Université de Louvain est un très petit codex, écrit tout à la fin du XIIe siècle et pro-

(1) Gf. Bubnov, *op. cit.*, p. 124, note.

(2) Cette remarque est de l'abbé Clerval (*Hermann le Dalmate*, dans les C. R. DU CONGRÈS SCIENT. INTERNAT. DES CATHOL. de 1891 : Mém. de la 5e section, Paris, 1891, pp. 162-169).

(3) Voy. dans notre article de janvier 1909, p. 615, une note au sujet de ces trois opuscules, que Pez a publiés dans son *Thesaurus Anecdot.*, t. III, 2e p., col. 93-139, et que Migne a reproduits, *P. L.*, t. 143, col. 379-412.

Le premier des trois opuscules, — Hermannus, Christi pauperum ... [*Incipit* :] Cum a plurimis sæpe amicis rogarer ... [*Finis* :] ... alias debet notificari — a pour objet la description de l'*Astrolabe*, et la façon de le construire pour qu'il puisse servir aux problèmes de Cosmographie et à la détermination de l'heure. Il a huit chapitres, dont le dernier a pour objet le *Quadrant*, ou *Quart de cercle*, qui se traçait sur le même appareil et servait à l'Arpentage. — Le manuscrit de l'Université de Louvain, mns. 217 (anc. 51), contient précisément cet opuscule (Hermann^s X^i paup^u ... Cum a pluribⁿ amicis sepe rogarer ..) et s'arrête à la fin du 8e chapitre (... totam mundi circuitio^em) : il comprend huit feuillets, de 12^cm sur 9^cm, à deux colonnes, chacune d'environ 36 lignes ; le recto du premier feuillet est en blanc. La note marginale, *hmann^s iste astrolog^s fuit nat^s d^e karinthia n. d^e suenia et trstulit almag.*, est de la même main et de la même encre qu'un petit manuscrit du début du XIIIe siècle, relié avec celui-là et qui contient le *De Abaco* de Gerland. Le chanoine Reusens a décrit dans ses *Éléments de Paléographie*, Louvain,

venant de l'ancienne abbaye norbertine de Parck-lez-Louvain. Il est sans titre, et s'ouvre par cette salutation épistolaire dans le style monastique de l'époque : « Hermannus, Christi pauperum peripsima et philosophiæ tironum asello immo limace tardior assecla. B. suo iugem in duo salutem. » C'est une copie de cet opuscule *Sur la construction de l'Astrolabe* dont nous parlions plus haut. Dans la marge supérieure de la première page, on lit une note, écrite dès les premières années du XIIIe siècle : « Hermannus iste astrologus fuit natus de karinthia non contractus de suenia et transtulit almag. » : l'auteur de cette note connaissait le debat et n'hésitait point à le trancher en faveur de Dalmate le Second.

Notre pays eut lui aussi son représentant au sein de cette École de traducteurs qui, réunie en Espagne, sut enrichir l'Europe de nombreux trésors de la science gréco-arabe : ce fut Rodolphe de Bruges.

La plus connue des œuvres de ce savant belge est la version du *Planisphère* de Ptolémée, si Rodolphe fut, comme nous le conjecturons, soit le principal traducteur du texte arabe de Maslam, soit le collaborateur de son maître et ami, Hermann le

1899, pp. 235-239, ce manuscrit de l'Université (*Hermannus Christi pauperum...*) et en a reproduit en fac-simile les trois premières colonnes.

Le second des trois opuscules (Quicumque astronomicæ peritiam disciplinæ ... fabricare horologium) est souvent intitulé *De Utilitatibus Astrolabii* : il expose en 21 chapitres les règles de l'emploi du *Watzagora*, ou *Astrolabe*, dans les applications de cet instrument à la Cosmographie. Pez attribue cet opuscule à Gerbert, mais en hésitant (voy. notre article de janvier 1909, pp. 615-616), et le reproduit pp. 144-147 de ses *Gerberti Opera math.*, parmi les *opera dubia*.

Le troisième des opuscules (Componitur quoddam simplex et parvulum viatorum horologium ...) porte souvent dans le mns. le titre *De Horologio viatorum* : Pez l'intitule *De Utilit. Astrolabii lib. II^us*. Il est en 8 chapitres et traite de la construction du Quadrant, ou Quart de cercle, et de son emploi, tant pour la détermination de l'heure — d'où ce nom d'Horloge des Voyageurs — que pour les mesures des hauteurs, etc. L'opuscule, à la différence des deux précédents, ne contient pas d'expressions arabes, sauf au Ch. V ; peut-être presque tout y est d'origine gréco-latine. Les Chapitres VI et VII se retrouvent dans des écrits géométriques longtemps attribués à Gerbert.

L'abbé Clerval (Mém. cité) attribue tous les trois opuscules à Hermann le Dalmate : il observe que le premier et le second de ces opuscules contiennent des renvois aux *Canons* de Ptolémée et au *Planisphère*.

Voy. aussi dans le vaste index de mns. qui ouvre le *Gerberti Op. Math.* de Bubnov, pp. CV-CX, les indications d'autres mns. d'Astronomie portant le nom d'Hermann (le Souabe ? le Dalmate ?) ; par ex., le *De Mense lunari* et les *Prognostica*.

Dalmate. La préface est datée de Toulouse, aux Calendes de juin de l'an 1144.

Nous ne savons ni la date de la naissance de Rodolphe, ni la date de sa mort. De sa vie, aucune particularité ne nous est connue, — sauf qu'il fut le disciple d'Hermann avant de devenir son collaborateur (1); car plusieurs des innombrables écrits sur l'Astrolabe que le Moyen Age nous a légués, portent cet en-tête : *Radulfus Brugensis, Hermanni Secundi discipulus* (2).

Ajouterons-nous qu'il avait suivi à Chartres les leçons de Thierry, le brillant auteur de l'*Heptateuque,* et que Robert de Rétines l'honora de sa particulière amitié et l'associa ensuite à certains de ses travaux? Ces faits seraient incontestables, si l'on était assuré que c'est bien Rodolphe, et non Hermann, qui parle dans la préface de la version latine du *Planisphère.* L'auteur de cette préface dédie, en effet, l'ouvrage à Thierry de Chartres et montre qu'il a connu de près l'illustre maître des écoles de Chartres, ce Thierry qu'il appelle « le Père des études latines et en qui revit pour le plus grand avantage des mortels

(1) Rodolphe et Hermann ont peut-être élaboré ensemble la traduction des Tables astronomiques, ou *Canons*, d'Al-Khorizmi. En effet, dans le *Planisphærium* (p. 234), il est dit à propos d'Al-Battâni et d'Al-Khorizmi : ... Quorum hunc quidem ope *nostrâ* Latium habet, illius vero commodissima translatio Roberti *mei* industriâ Latinæ orationis thesaurum accumulat.

Un peu plus loin, on lit aussi ce renvoi, qui a fait attribuer tantôt à Rodolphe tantôt à Hermann un livre sur les Cercles, composé peut-être par tous deux ensemble : In libro *nostro* de Circulis ...

(2) Paris, Bibl. Nation., mns. du XIIIe s., n. 16652 (Fonds de Sorbonne, n. 1759) : — Dilectissimo domino suo Iohanni [Jean de Séville ?] dd. Radulfus Brugensis, Hermanni Secundi discipulus, scribit. Cum celestium s[p]herarum diversam rationem, stellarum diversos ortus diversosque casus... (Cité par Bubnov, *op. cit.*, p. CVI; déjà signalé en 1850 par Léop. Delisle, comme occupant les folios 24-27 du mns. 16652, 1e P., et avant lui en 1843 par Ch. Jourdain, *Recherches sur les trad. d'Aristote*, p.104, 2e édit. de l'ouvr. d'Amable Jourdain.)

Londres, Bibl. Cottonienne : — Descriptio cujusdam instrumenti, cujus usus est in metiendis stellarum cursibus, per Rodolfum Brugensem, Hermanni Secundi discipulum. (P. 104 du *Catalogus mnss. Bibl. Cottonianæ*, 1696.— Au n° suivant, *ibid.*, nous remarquons : De fabrica et usu Astrolabii ; in fine dicit Auctor se dictante Abrahamo [Ben Esra ?], Magistro suo egregio, hanc dispositionem Astrolabii conscripsisse).

Ces mns. ne font peut-être qu'un même ouvrage avec la version *De Astrolabii descriptione et usu* d'un opuscule de l'astronome arabe Maslam, conservée à l'Escurial, cod. 967 (citée par Wüstenfeld, *op. cit.*, p. 52).

l'âme de Platon » (1); et quant à Robert, l'auteur le nomme son cher et illustre compagnon (2).

Parmi les écrivains juifs qui servirent d'intermédiaires entre les Musulmans et les Chrétiens, le plus remarquable fut le rabbin converti Jean de Séville, appelé aussi Jean de Luna ou Jean d'Espagne. De son nom juif, il s'appelait Abendeath, ou encore Aven-Death (3).

Jean de Séville fut souvent occupé par Raymond d'Agen, archevêque de Tolède (1126-1150), à traduire des ouvrages philosophiques ou scientifiques de l'arabe en castillan — ou même en latin, lorsque l'archidiacre Dominique Gondisalvi ne traduisait pas lui-même en cette langue la version castillane de l'ancien rabbin.

Nous n'avons pas à nous occuper des services rendus à la Philosophie par Jean de Séville. Parmi ses travaux relatifs aux sciences, indiquons la version latine, qu'il fit en 1135, du *Livre des mouvements célestes et de la science des étoiles* d'Al-Fergani, ou Alfragan : ce livre, composé à la cour du khalife de Bagdad dans le premier tiers du xe siècle, est un résumé des idées et de l'œuvre de Ptolémée, et fut très connu à la Renaissance sous le titre de *Rudimenta astronomica*. Nous ne citerons que pour mémoire ses nombreuses traductions d'ouvrages d'Astrologie judiciaire : par exemple, des versions d'écrits de

(1) Cette épître dédicatoire à Thierry le Platonicien — ad Theodorichum Platonicum — contient des allusions à certains faits de la carrière de ce Maître, notamment à des infortunes et, semble-t-il, à des persécutions subies par lui : ... Quem nec labor vincit, nec deliciæ corrumpunt, nec potentissima pervertit ambitio, iterum quoque, cæteris diffugientibus, desertæ et tanquam mediis expositæ fluctibus philosophiæ naufragium patiaris.

(2) ... ego et unicus atque illustris Robertus Cataneus ... — Le mns. de la Bibl. Nation. *Mns. lat.* 7377 B., intitulé *Planispherum Ptolemæi translatus* [sic] ... *per Hermannum Secundum*, porte : ... ego et unicus atque illustris *socius* Rodbertus Retensis. Rappelons que longtemps Robert et Hermann s'étaient associés dans leurs études et leurs travaux, au témoignage de Pierre de Cluny.

Au sujet de Rodolphe de Bruges, voyez, outre les sources indiquées en notre article précédent (avril 1911, pp. 605-606), la notice donnée par l'*Hist. littér. de la Fr.*, t. XII (1763), p. 356, et surtout la notice que lui consacre la Biographie Nation., t. XIX (1907), sous la signature de H. Bosmans.

(3) Amable Jourdain le premier, dans ses *Recherches sur les traductions d'Aristote* (1819), identifia Jean de Séville, Jean d'Espagne, Jean de Luna et Abendeath : on croyait auparavant que ces divers noms désignaient autant de savants distincts.

Masciallah, d'Omar-ben-Ferughan, d'Al-Chabit (1). Plusieurs versions de travaux sur l'Astrolabe portent aussi son nom (2).

L'ouvrage qui davantage a attiré sur Jean de Séville l'attention des historiens des Mathématiques, est le *Liber Alchourismi de pratica arismetrice*, publié à Rome en 1857 par le Prince Boncompagni (3). Dans le manuscrit édité par Boncompagni (4), la préface est accompagnée de l'attribution : *Qui editus est a magistro Iohanne Yspalensi* (5), et pendant près de quarante ans on ne songa guère à disputer à Jean de Séville l'honneur de la paternité de cette version *De pratica arismetrice*. Cependant aujourd'hui le doute est permis et même s'impose. On a signalé en 1896 à Erfurth un manuscrit de cette même version, avec la mention : ... *translatus ex arabico à magistro G. cremonensi ;* cette nouvelle attribution est erronée, car rien dans cet écrit ne rappelle la « manière » du célèbre traducteur Gérard de Crémone, mais si l'on ajoute que les quelques autres manuscrits aujourd'hui connus de cette Arithmétique sont anonymes, on voit que l'attribution à Jean de Séville est le fait d'un manuscrit isolé et reste sujette à caution (6).

(1) *Epistola Mesehallah In rebus eclipsis solis et lune et in coniunctionibus planetarum ac revolutionibus annorum.* On remarquera l'*explicit* : ... translatus a Iohanne Hyspalensi in Lunia ex arabico in latinum.

De Interrogationibus, du même astrologue.

De Nativitatibus, d'Omar-ben-Ferukhan Al-Tabari. Cet astrologue est souvent confondu aujourd'hui, comme au Moyen Age, avec l'astronome Al-Fergani, ou Alfragan : les *Rudimenta astronomica*, imprimés à Ferrare en 1493 et à Venise en 1537, sont la traduction de l'ouvrage d'Alfragan composée par Jean de Séville en 1135.

Liber Ysagogicus Abdilazi Abdilazi [c.-à-d. d'Abd-el-Azyz], *qui dicitur Alchabitus*. Cette introduction à l'Astrologie — *ad magisterium Iudiciorum astrorum* — a été publiée dès 1473 à Bologne (voy. Brunet), et obtint, comme chacun des écrits de Masciallah et de Ferukhan que nous venons de citer, de nombreuses éditions en peu d'années : la Renaissance était follement éprise d'Astrologie. — Cf. Biblioth. Mathem. d'Eneström, déc. 1905, pp. 235-238.

(2) Voy. Bubnov, *op. cit.*, pp. 114-115, note, et p. LV.

(3) *Trattati d'Aritmetica pubblicati da Baldassare Boncompagni.* II. *Ioannis Hispalensis. Liber Algorismi de Pratica Arismetrice* (pp. 25-136). Rome, 1857.

(4) Biblioth. Nation. de Paris, *Anc. Fonds*, n. 7359, fol. 85r-111v.

(5) Incipit prologus in libro alghoarismi de pratica arismetrice. Qui editus est a magistro Iohanne yspalensi. Quisquis in quatuor matheseos disciplinis ...

(6) Voy. dans la Bibliotheca Math. d'Eneström, mai 1905, p. 114, un art. de G. Eneström lui-même.

Observons aussi que le texte édité par Boncompagni contient, outre l'Arithmétique pratique proprement dite, une collection de passages qui

Quoi qu'il en soit de l'auteur, le *De pratica arismetrice* que le Prince Boncompagni nous a donné en 1857, reste l'un des anciens et des plus précieux traités d'Algorisme que le Moyen Age nous ait légués.

Ce *Liber Alchouarismi* n'est pas une version du texte original d'Al-Khorizmi : le manuel original du Bibliothécaire d'Al-Mamoun nous est parfaitement connu par la version *De Numero Indorum*, attribuée à Adélard (1). Ce n'est même pas, à en juger par son allure, une version directe d'un écrit arabe : c'est plutôt une « adaptation », faite avec une science déjà sûre d'elle-même et avec une simplicité et une clarté remarquables, d'écrits inspirés par les idées et composés d'après les méthodes de calcul du grand arithméticien de Bagdad.

Relevons quelques particularités du livre de Jean de Séville : nous appellerons de ce nom, hypothétiquement et sans rien préjuger, l'auteur inconnu de ce *De pratica arismetrice*. Le livre de Jean de Séville s'ouvre, comme beaucoup d'Arithmétiques arabes, par la définition du nombre, telle que Diophante la donne en tête de ses *Arithmétiques :* Le Nombre est une collection d'unités, et il peut croître *in infinitum*, puisque toute collection peut croître indéfiniment (2). — Après la théorie des six opérations sur les nombres entiers *(aggregare, minuere, duplare, mediare, multiplicare, dividere)*, la théorie des fractions est longuement traitée : « à l'exemple des Hindous », on ne s'occupe que des fractions sexagésimales (3), où l'unité *(gradus)* est partagée en

n'ont aucun lien avec ce qui précède et qui manquent dans plusieurs autres manuscrits. Le manuscrit d'Erfurth s'arrête à la p. 127 du texte de Boncompagni; celui du Vatican, à la p. 93; celui de Dresde, à la p. 49.

(1) C'est le premier des deux *Trattati d'Aritmetica* publiés en 1857 par Boncompagni (Voy. notre art. d'avril 1911, p. 609.)

(2) Incipit liber algoarismi de practica arismetrice. Unitas est origo et prima pars numeri. Omnes enim numerus ex ea componitur ...

L'auteur s'arrête ensuite à montrer que l'*unité n'est pas un nombre* (ipsa extra numerum intelligitur), question qui occupait fort les Philosophes. — Comparer avec ces premières lignes du *De Numero Indorum* d'Al-Khorizmi : ... Unum invenitur in universo numero, et hoc est quod in alio libro arithmetice dicitur. Quia unum est radix universi numeri et est extra numerum ... (p. 2 du texte de Boncompagni.)

(3) Licet cuiuslibet numeri partium denominatio possit fieri infinitis modis secundum infinitos numeros, placuit tamen Indis denominationem suarum fractionum facere a sexaginta (*Trattati d'Arithm.*, p. 49.) — Comparer avec le texte du *De Num. Ind. :* ... indi posuerunt exitum partium suarum ex sexaginta. (p. 18.)

60 *minuta*, chacun des *minuta* en 60 *secunda*, ces *secunda* en 60 *tercia*, et ainsi de suite.

On a souvent attribué à Jean de Séville l'invention des fractions décimales. A propos de l'extraction de la racine carrée (approchée), l'auteur se sert, en fait, de fractions décimales. — Soit à extraire la racine carrée de 2, *per circulos*, c'est-à-dire en s'aidant de zéros (1). L'auteur multiplie 2 par 1 000 000 et cherche la racine de 2 000 000 : il trouve 1414; la racine de 2 sera le nombre 1414 divisé par 1000. L'auteur se sert donc réellement de *parties décimales* de l'unité, mais nullement des *fractions décimales écrites* : il ne songe aucunement à donner au résultat de son calcul la forme extrêmement commode des arithméticiens modernes, $\sqrt{2} = 1 + \frac{4}{10} + \frac{1}{100} + \frac{4}{1000}$, et moins encore, avec la virgule, $\sqrt{2} = 1,414$. Au contraire, il se hâte de convertir les parties décimales en fractions sexagésimales ; il obtient pour la valeur (approchée) de la racine de 2 le nombre suivant : 1 degré (ou unité), 24 minutes, 50 secondes, 24 tierces. Quant à la notation, il se sert, comme déjà Al-Khorizmi dans son *De Numero Indorum*, d'un petit tableau, que nous reproduisons, et infiniment moins commode que la notation à accents des Byzantins, $1^{\circ}\,24'\,50''\,24'''$, et que notre notation décimale moderne, 1,414.

1
24
50
24

Jean de Séville — ou l'auteur, quel qu'il fût, du *De pratica arismetrice* — savait donc calculer en parties décimales de l'unité les racines carrées (2). Regiomontanus (1436-1475)

(1) *Ibid.*, p. 87 : Verbi gratia : cum velemus invenire radicem duorum, preposuimus illi sex circulos hoc modo : .2.0.0.0.0.0.0.; ... si autem preposuissemus .8 circulos, aut 1.0., aut plures, sed pares, verior nobis radix proveniret.

(2) M. Rouse Ball, qui consacre à Jean de Séville quelques lignes (p. 174), et l'appelle « Jean Hispalensis de Séville », est peu exact en disant que le traité de Jean de Séville contient « des exemples d'extraction de racines carrées de nombres écrits avec la *notation* décimale. »

Néanmoins, le calcul en parties décimales de l'unité, même sans la notation décimale, est déjà un fait remarquable.

Léonard de Pise, un demi-siècle après Jean de Séville, continue à calculer en fractions sexagésimales. En résolvant l'équation $x^3 + 2x^2 + 10x = 20$, qui admet la racine $x = 1,368808107821$, il obtient $x = 1,22^{\circ}7^{\text{m}}42^{\text{m}}33^{\circ}4^{\circ}40^{\circ}$; on voit qu'il pousse l'approximation jusqu'à la sixte, limite classique des approximations à son époque.

Jean de Gemunden — Iohannes Wissbier de Gamundia, — dans son *Algorismus de Minutiis phisicis* (1415), calcule aussi par fractions sexagésimales

proposera plus tard de diviser les sinus en dixièmes ; Ramus, ou Pierre La Ramée (1502-1572), dans son *Arithmetica* (1555) appliquera indirectement aux fractions la numération décimale. Mais il y a loin de là à l'idée d'étendre *indifféremment* vers la gauche et vers la droite la numération décuple écrite, à l'appréciation nette de la simplicité et de l'utilité d'une telle généralisation et à l'application de cette méthode dans toutes les opérations de l'Arithmétique. Or c'est ce que l'on trouvera, mais quatre cents ans après Jean de Séville, dans trois pages publiées en 1585 par le célèbre mathématicien belge Simon Stévin, de Bruges, sous le titre : *La Disme enseignant facilement expedier par nombres entiers et sans rompus* [sans fractions] *tous comptes se rencontrant aux affaires des hommes* (1).

Simon Stévin est le véritable fondateur du calcul des fractions décimales, comme il est l'inventeur de leur notation, c'est-à-dire l'inventeur de la numération décimale fractionnaire écrite. — Ajoutons, pour montrer la fécondité de la notation simple et parfaite introduite par Stévin, que l'on trouve dans *La Disme* l'exposé d'un système général de poids, mesures et monnaies, basé sur la division décimale de préférence à la division sexagésimale : cette conception, que le géomètre belge recommande « aux hommes futurs, pour leur si grand avantage », fut réalisée après deux cents ans par les fondateurs du système métrique.

(A suivre.) B. Lefebvre, S. J.

II

LA SPECTROCHIMIE

M. G. Urbain, professeur de chimie à la Sorbonne, vient de publier un livre d'initiation à la Spectrochimie (2). Conçu dans

et sépare par des points les fractions d'ordres successifs : il écrit 24.36.45 au lieu de 24 degrés, 36 minutes, 45 secondes.

(1) Ces pages de Stévin constituent l'Arithmétique décimale, ou la théorie des fractions décimales, et se trouvent dans la *Practique de l'Arithmétique*, publiée à Leyde en 1585 à la suite de son *Arithmétique* (c'est-à-dire la computation des nombres et l'Algèbre) et de sa traduction française des Livres I-IV de *Diophante*. Stévin avait déjà publié cet opuscule *La Disme* en flamand.

(2) Leçons professées à la Faculté des sciences de l'Université de Paris. Introduction a l'étude de la Spectrochimie, par G. Urbain, professeur

un esprit simple et pratique, par un spécialiste très compétent, qui connaît les techniques qu'il expose pour les avoir expérimentées et perfectionnées, ce traité vise surtout le travail du laboratoire; concis, mais sans lacune importante, même dans l'exposé des notions théoriques essentielles; très précis et très

de chimie à la Sorbonne. Un vol. grand in-8°, de III-248 pages, avec 70 fig. dans le texte et 9 planches. Paris, A. Hermann, 1911. — Voici un aperçu de la Table des matières :

AVANT-PROPOS concernant la bibliographie relative à cet ouvrage. — PRÉFACE. Chapitre premier. GÉNÉRALITÉS SUR LA LUMIÈRE ET SUR LE SPECTRE : Propagation de la lumière. Longueur d'onde et temps périodique. La dispersion prismatique. La dispersion par diffraction. Propriétés des différentes régions du spectre. Classification des spectres. Qualités du spectre. Conditions nécessaires pour obtenir des spectres purs avec les prismes. Diacaustique. Emploi des lentilles achromatiques. Repérage des raies. Influences capables de modifier les longueurs d'onde ou l'aspect des raies. Renversement des raies spectrales.

Chapitre II. L'ÉMISSION SOUS L'INFLUENCE DE LA CHALEUR. LES FLAMMES. Les sources de lumière. Émission produite par les solides, les liquides et les gaz à haute température. Les flammes. Technique des spectres de flamme.

Chapitre III. L'ILLUMINATION DES GAZ SOUS PRESSION RÉDUITE. LES TUBES DE GEISSLER. La décharge électrique dans les gaz raréfiés. Rôle des radiations dans l'illumination des gaz. Spectres des tubes de Geissler. Technique des tubes de Geissler. Appareils à faire le vide. Remplissage des tubes de Geissler.

Chapitre IV. ARC ET ÉTINCELLE. *L'arc électrique.* Phénomènes dont l'arc est le siège. Technique des spectres d'arc. — *L'étincelle électrique.* Production de l'étincelle. Constitution de l'étincelle électrique. Conséquences des recherches sur la constitution de l'étincelle. Élimination du spectre parasite de l'air. La décomposition de l'étincelle au moyen du courant d'air (Hemsaleck). Spectres des gaz à la pression normale. Spectres d'étincelle des conducteurs métalliques. Spectres des conducteurs de seconde classe. Les raies ultimes. Spectres d'étincelle des dissolutions.

Chapitre V. LA PHOSPHORESCENCE (LUMINESCENCE). Généralités sur la phosphorescence. Photoluminescence. Spectres de phosphorescence. Étude expérimentale de la fluorescence. Étude expérimentale de la persistance. Excitation électrique. Phosphorescence cathodique des liquides. Phosphorescence des dissolutions solides. Triboluminescence. Phosphorescence des corps organiques.

Chapitre VI. L'ABSORPTION. Généralités sur l'absorption. Modification des spectres d'absorption. Absorption des cristaux. Étude quantitative de l'absorption. Étude graphique de l'absorption (figures de Gladstone). Relations entre l'absorption et la constitution des corps.

Chapitre VII. LA CONSTITUTION DES SPECTRES. Les séries de raies. La constitution des spectres d'émission, d'après Rydberg. La théorie des séries spectrales, d'après Ritz. Les séries de raies et le phénomène de Zeemann. Les relations entre les spectres et les poids atomiques.

clair, il se recommande en outre par son originalité et l'actualité des recherches sur lesquelles il insiste davantage.

« On trouvera dans ce livre, écrit l'auteur, quelques méthodes nouvelles d'observation, surtout en ce qui concerne la phosphorescence. D'une manière générale, j'ai principalement développé les paragraphes qui traitent de questions nouvelles. J'ai beaucoup insisté sur les phénomènes dont les sources de lumière sont le siège, afin de prévenir les observateurs encore inexpérimentés contre bien des illusions et des causes d'erreur. Ce petit livre — qui reproduit, à quelques remaniements près, les leçons que j'ai professées, à la Sorbonne, dans le premier semestre de l'année scolaire (1909-1910), n'a d'ailleurs pas la prétention d'être complet; et il s'adresse de préférence, aux jeunes chimistes qui, désireux de s'engager dans une voie pleine de promesses, désiraient acquérir rapidement les notions essentielles, nécessaires pour aborder l'étude théorique et expérimentale de la spectrochimie. »

Le livre de M. G. Urbain s'ouvre par une préface sur les conquêtes de la spectrochimie, les difficultés auxquelles elle se heurte et les progrès de ses techniques. Nous sommes heureux de pouvoir la reproduire ici. Nos lecteurs la liront avec plaisir et profit, et en apprécieront mieux l'intérêt et la valeur du traité qu'elle annonce.

La spectroscopie est l'étude analytique des phénomènes qui se produisent au sein des sources de lumière, ou sur le trajet des radiations émises par ces sources. L'origine de l'émission et de l'absorption de la lumière est attribuée généralement à l'agitation des particules — molécules, atomes, ions — dont on suppose que la matière est constituée. Il semble donc que le but de la spectroscopie soit de donner une base expérimentale aux spéculations sur la constitution de la matière. La spectroscopie apparaît ainsi comme une science d'un intérêt très général, mais elle est encore éloignée de cette fin, malgré son développement actuel.

Si elle n'est pas tout à fait une science simplement descriptive, elle n'est pas encore une science rationnelle. Elle entre seulement dans cette phase de son évolution historique, phase commune à toutes les sciences expérimentales encore jeunes.

La spectroscopie prête, dès maintenant, à la plupart des sciences naturelles l'appui de ses techniques. Les services

qu'elle a su rendre particulièrement à l'astronomie et à la chimie sont de tout premier ordre, et les chapitres que ces sciences lui consacrent, comptent parmi les plus importants. Il convient de donner le nom de spectrochimie à la partie de la spectroscopie qui se rattache plus directement à la chimie. Cette science ne fut longtemps qu'un chapitre très restreint de la chimie analytique.

Mais elle embrasse actuellement un nombre déjà considérable de faits qui n'ont plus avec l'analyse chimique proprement dite qu'un rapport lointain; et elle mérite de prendre place avec l'électrochimie, la thermochimie et la photochimie parmi les branches capitales de la chimie physique.

LES CONQUÊTES DE L'ANALYSE SPECTRALE

L'ensemble des méthodes qui permettent de reconnaître les espèces chimiques par l'observation de leurs caractères spectraux, constitue l'analyse spectrale. L'analyse spectrale est une science de techniques. Exclusivement expérimentale, elle poursuit un but pratique; mais elle est attrayante par la variété et l'élégance de ses méthodes; elle est précieuse par la netteté des réponses qu'elle donne aux questions qu'on lui pose. La chimie minérale lui doit les inappréciables progrès dus à la découverte d'éléments rares dont le nombre dépasse dès maintenant celui des éléments usuels. Que de ressources la science théorique d'aujourd'hui, et sans doute la science appliquée de demain, ne tirera-t-elle pas de la connaissance des propriétés de ces corps et de leurs innombrables dérivés?

En 1859, Kirchhof et Bunsen, se laissant guider par l'observation des spectres de flamme, illustraient la méthode nouvelle de la façon la plus brillante en découvrant le rubidium et le cœsium. Plus tard, Reich et Richter découvraient l'indium, puis Crookes le thallium, et Lecoq de Boisbaudran le gallium.

Ce sont là les premières et les plus connues des conquêtes de l'analyse spectrale. Elles seules sont classiques, mais elles ne s'arrêtent pas là. On doit à l'analyse spectrale la connaissance de la plupart des éléments dont se compose le groupe si complexe et si remarquable des terres rares. Le spectroscope est, pour ainsi dire, le seul guide dans ce dédale, en apparence inextricable, d'éléments. Aucune autre famille chimique ne présente au point de vue spectral autant de richesse et autant de variété. C'est là que les différentes techniques spectrales

trouvent leurs applications les plus étendues. L'analyse spectrale doit aux terres rares de très grands progrès qui ne figurent encore dans aucun traité, et qui sont mentionnés seulement dans quelques ouvrages de compilation.

La chimie et la spectroscopie se prêtent dans ce genre de recherches un appui mutuel. Elles ne peuvent rien l'une sans l'autre. C'est aux méthodes spectrales que la chimie des terres rares doit son développement, depuis qu'est close l'ère des recherches purement chimiques où se sont illustrés Mosander et Marignac.

Avec le spectroscope, Lecoq de Boisbaudran découvrait d'abord le samarium; Soret découvrait ensuite les éléments qui furent appelés depuis le holmium et le thulium; puis Lecoq de Boisbaudran annonçait encore un nouvel élément : le dysprosium. Auer von Welsbach annonçait la scission du didyme en néodyme et praséodyme. Demarçay parvenait à isoler l'europium entrevu vaguement par Crookes mais nettement caractérisé par Lecoq de Boisbaudran qui découvrit son spectre d'étincelle et établit ainsi l'existence de ce nouvel élément. Enfin l'auteur de ce livre montrait récemment que l'ytterbium est composé de deux éléments : le néoytterbium et le lutécium. qui ont pu être approximativement isolés. Plus récemment, il montra que le lutécium est accompagné dans le gadolinite, d'un élément nouveau : le celtium.

C'est encore à l'analyse spectrale qu'est due notre connaissance précise des gaz simples que renferme notre atmosphère, outre l'oxygène et l'azote. L'hélium avait été d'abord découvert dans l'atmosphère du Soleil. Ramsay changea en certitude l'hypothèse de Janssen, et il montra que l'argon était accompagné, dans l'air, de l'hélium, du néon, du krypton et du xénon.

La chimie moderne devrait au spectroscope ses plus belles découvertes, si P. Curie et Mme Curie n'avaient trouvé dans la radio-activité un mode d'investigation de la matière, moins général, peut-être, mais incomparablement plus sensible dans certains cas.

PREMIÈRES DIFFICULTÉS AUXQUELLES SE HEURTE L'ANALYSE SPECTRALE

En analyse chimique, le spectroscope apporte la certitude, là où les méthodes de la chimie pure demeurent impuissantes ou ne donnent péniblement que de vagues probabilités.

Parmi les caractères analytiques qui permettent de reconnaître les corps, il n'en est guère de plus précieux que les colorations. Les réactions colorées jouent dans l'analyse qualitative un rôle prépondérant. Cependant une coloration provoque une sensation unique, assez peu scientifique, si l'on ne peut l'exprimer par des nombres.

Le spectroscope donne à de telles sensations le caractère scientifique qui leur fait généralement défaut. Il fait mieux : il multiplie ces sensations par le nombre des radiations dont la superposition donnait la sensation primitive; il fait la part des colorations parasites qui, si fréquemment, masquent ou altèrent celle qu'il serait utile d'observer. Là où la réaction colorée n'apporte qu'une preuve, il en apporte autant qu'on peut observer de raies. Une seule observation suffit pour dissiper tous les doutes et entraîner la conviction.

Mais il va plus loin encore : là où les réactions chimiques deviennent impuissantes ou suspectes; là où leur sensibilité fait défaut, l'analyse spectrale conserve le plus souvent toute son acuité, toute sa puissance.

Là où les réactions chimiques exigent relativement beaucoup de matière, l'observation spectrale n'en consomme pratiquement pas. Les réactions microchimiques qui peuvent rivaliser avec les réactions spectrales sont vite comptées.

Ce mode d'investigation a permis la recherche des éléments chimiques jusque dans les étoiles; il nous a donné ce que nous savons de plus net sur la nature des astres, et sur les phénomènes dont ces mondes sont le siège.

Malgré les avantages qu'elle présente, l'analyse spectrale est loin d'occuper, dans la chimie analytique, le rôle prépondérant auquel elle pourrait prétendre.

Cela tient à plusieurs causes que nous allons chercher à préciser. Avant les travaux de Kirchhof et Bunsen, les principes fondamentaux de l'analyse spectrale avaient été formulés. Talbot, en 1826, considérait les spectres comme des propriétés spécifiques des métaux. Herschel, Wheatstone, l'abbé Moigno ont fait successivement remarquer l'importance de l'observation des spectres, comme moyen d'analyse. Masson, puis Angstrœm, ont puissamment développé la science nouvelle et ont décrit les spectres de la plupart des éléments alors connus.

Cependant les chimistes ne prêtèrent qu'une attention distraite à ces recherches qu'ils considéraient comme des travaux de physique pure, sans importance pratique pour la chimie.

Peut-être ne les connaissaient-ils pas; il semble même que les physiciens les connaissaient peu, puisque Kirchhof écrivait en 1863 que « ces expériences pouvaient être citées en faveur de l'opinion que les raies d'un gaz incandescent dépendent uniquement de la nature des éléments de celui-ci; mais qu'elles ne peuvent être considérées comme une preuve de son identité, parce que les conditions où elles ont été faites sont trop compliquées pour cet objet, et que les phénomènes qui se passent dans une étincelle électrique sont trop mal connus » (1).

Ainsi Kirchhof et Bunsen firent table rase des travaux de leurs devanciers et travaillèrent en terrain vierge. Entre les mains d'un physicien tel que Kirchhof, et d'un chimiste tel que Bunsen, l'analyse spectrale devait être féconde et compter parmi les plus belles conquêtes de la science.

Ils limitèrent pour ainsi dire leurs observations aux spectres des flammes qu'ils observaient en introduisant dans la flamme du bec de Bunsen, un fil de platine humecté d'une dissolution de chlorures. Les métaux alcalins donnent de la sorte d'assez beaux spectres, généralement simples. Kirchhof et Bunsen eurent la perspicacité d'étudier de cette manière la nature des sels dissous dans les eaux minérales, qui sont les eaux de lavage des parties profondes du sol, et celle des alcalins que renferment les roches. C'est ainsi qu'ils découvrirent le rubidium et le cœsium.

L'effet produit dans le monde savant par cette découverte fut, à juste titre, considérable. Par le fruit de leurs recherches, les savants d'Heidelberg méritent d'être considérés comme les véritables fondateurs de l'analyse spectrale. Les Talbot et les Herschel furent seulement les précurseurs.

Les chimistes adoptèrent d'emblée les idées que Kirchhof et Bunsen exprimèrent alors : ils avaient affirmé que « la question de l'origine des lignes de gaz incandescents ne peut être résolue d'une manière satisfaisante que par des expériences faites dans les conditions les plus simples, par exemple, en examinant les spectres des flammes ».

Depuis cette époque, l'observation des spectres de flamme, tels que les maîtres allemands les produisaient, fut recommandée dans tous les traités d'analyse chimique qualitative. Actuellement encore, il est peu de traités de ce genre qui recom-

(1) Citation empruntée au livre de G. Salet. *Traité élémentaire de spectroscopie* (G. Masson, éditeur). 1888, p. 5.

mandent les autres méthodes de l'analyse spectrale, bien que la plupart d'entre elles aient largement fait leurs preuves. Elles figurent seulement dans les traités spéciaux que les étudiants n'ont pas le loisir de lire, et que les chimistes exercés consultent rarement.

Bien qu'en vérité la méthode préconisée par Kirchhof et Bunsen soit la plus simple de toutes, il s'en faut qu'elle soit la plus générale. Seuls, quelques éléments donnent des spectres dans la flamme du bec de Bunsen, dans les conditions rappelées plus haut : ce sont les métaux alcalins et alcalino-terreux, le cuivre, le manganèse, l'acide borique, le thallium et l'indium. Voilà, ou peu s'en faut, les corps qui peuvent être caractérisés de cette manière.

D'autre part, les savants allemands avaient affirmé que « la présence des substances étrangères, la nature de la combinaison dans laquelle le métal est engagé; la diversité des réactions qui prennent naissance dans chaque flamme, la différence des températures produites dans les flammes différentes, n'exercent aucune influence sur la position des raies correspondant à chaque métal ».

Les chimistes en conclurent que le spectre est invariable et qu'il caractérise l'atome. C'était excessif.

Cette opinion que Kirchhof et Bunsen n'avaient pas formulée, mais qui paraissait se dégager de leurs travaux, inspirait confiance. Elle reçut une sérieuse atteinte lorsque Plücker et Hittof annoncèrent qu'un même corps simple peut présenter des spectres différents, suivant la façon dont on leur donne naissance; et que les divers spectres d'un même élément sont souvent plus dissemblables entre eux, que ne le sont certains spectres de substances différentes.

Les chimistes éprouvèrent quelque répugnance à admettre cette conclusion qui bouleversait des convictions qui se conciliaient si bien avec l'idée qu'on se faisait alors des éléments. L'opinion de Plücker et Hittorf eût été de nature à ébranler leur confiance dans l'analyse spectrale, si elle n'eût paru applicable qu'aux seuls gaz raréfiés et rendus lumineux électriquement. Ce nouveau genre de spectres n'inspira aux chimistes qu'une confiance médiocre, et les curieux phénomènes observés par Plücker et Hittorf furent diversement interprétés.

Il était admis que les spectres étaient d'une extrême sensibilité. C'était là le point faible de l'analyse spectrale, et on en fit

une sorte de bouc émissaire. La variété des spectres observés dans un même tube, fut attribuée à la présence des impuretés.

Ce palliatif sauvait la théorie « un spectre : un élément »; mais il rendait suspectes les conclusions que l'on pouvait déduire de l'observation des spectres obtenus par des méthodes différentes de celle de Kirchhof et Bunsen.

Si le spectre d'un corps peut être masqué par le spectre de ses impuretés, quel intérêt analytique peuvent présenter des méthodes qui donnent de tels résultats?

Les *impuretés*, les *masques*, reviennent constamment dans l'histoire de la spectrochimie. Ils figurent dans la plupart des interprétations des phénomènes spectraux.

Ainsi, l'on admit d'abord que les corps rigoureusement purs ne donnaient qu'un seul spectre. Mais lorsqu'il fallut se rendre aux raisons sans appel d'une expérimentation impeccable; lorsqu'il fut nettement établi que le spectre d'un corps dépend de la façon dont il a été produit, une nouvelle théorie — qui revient aussi très fréquemment dans l'interprétation des phénomènes — fut proposée. C'est celle que Lockyer a appelé en plaisantant l'hypothèse de la « Cloche » (1).

On admet que ce sont les vibrations des particules matérielles qui communiquent à l'éther les vibrations lumineuses, par analogie avec ce qui se passe pour le son. Les différentes raies d'un spectre sont considérées comme les harmoniques d'une vibration fondamentale. Des excitations différentes pourront faire prédominer tel ou tel autre système d'harmoniques. Ainsi fait une cloche capable de rendre plusieurs sons.

Dans cette interprétation, l'atome demeurait invariable mais le spectre ne l'était plus. L'analyse spectrale perdait, à cette conception, l'infaillibilité qui la rendait si séduisante. Toutefois, l'hypothèse de la cloche n'était, après tout, qu'une hypothèse; on devait à l'analyse spectrale le rubidium et le cæsium, et l'on ne pouvait condamner la méthode qui avait abouti à un si beau résultat, sur une hypothèse, sans tenter de lui en opposer quelqu'autre. Le conflit des hypothèses entretient la vitalité de la science : l'ardeur de la recherche devient celle du combat. Personne ne pouvait plus douter de la pluralité des spectres d'un même élément. Les chimistes connaissaient dans le domaine de la chimie pure, avec la variété des états allotropiques, une difficulté du même ordre.

(1) Sir Norman Lockyer. *L'évolution inorganique étudiée par l'analyse spectrale*. Traduction Ed. d'Hooghe (Félix Alcan, éditeur), 1905, p. 29.

Sans éclaircir l'une ou l'autre, on trouva commode d'expliquer l'une par l'autre. Les divers spectres d'un même élément devinrent ceux de ses divers états allotropiques. C'était là une explication d'ordre chimique qui devait donner aux chimistes toute satisfaction.

C'est alors que Mitscherlisch d'une part, et Diacon d'autre part, démontrèrent qu'il existe, non seulement des spectres d'éléments, mais encore des spectres de composés. L'on pouvait obtenir dans la flamme du bec de Bunsen différents spectres du calcium, par exemple, suivant que la flamme était chargée de l'un des gaz : chlorhydrique, bromhydrique ou iodhydrique.

Mais que devenaient les conclusions si nettes attribuées à Kirchhof et Bunsen? Elles étaient prises en défaut! L'analyse spectrale n'avait plus la rigueur, ni l'infaillibilité que ses créateurs lui avaient prêtée. Au point de vue analytique, rien ne valait décidément les bonnes et vieilles méthodes de la chimie pure, et l'analyse spectrale était une science complexe qu'il était préférable d'abandonner aux spécialistes.

Telles sont les vicissitudes qui — je le suppose du moins — empêchèrent l'analyse spectrale d'être communément préconisée dans les laboratoires de chimie pour les recherches analytiques.

PROGRÈS DES TECHNIQUES DE L'ANALYSE SPECTRALE

Les seules techniques de l'analyse spectrale, employées par les chimistes, étaient donc la méthode de Kirchhof et Bunsen, assez fréquemment employée pour la spécification des métaux alcalins, et la méthode de Plücker ou méthode des tubes de Geissler, pour la spécification des gaz. Cette dernière n'était d'ailleurs utilsée que rarement et encore dans des recherches très spéciales.

L'analyse spectrale n'était guère préconisée, en France, que par les chimistes qui, tels que M. Lecoq de Boisbaudran et Demarçay, recherchaient les éléments rares. Le but qu'ils se proposaient était trop aléatoire pour que les savants engagés dans cette voie fussent nombreux. Les progrès réalisés dans la technique furent cependant considérables, mais ils ne se vulgarisèrent pas.

Il convient de rappeler d'abord les travaux de M. Lecoq de Boisbaudran. Ce savant s'est préoccupé de trouver une méthode spectroscopique plus générale que celle de Kirchhof et Bunsen.

Comme eux, il la voulut simple et pratique. Il la trouva dans l'observation des étincelles électriques jaillissant à la surface des dissolutions. M. Lecoq de Boisbaudran utilise un matériel des plus simples. L'étincelle est produite par une petite bobine d'induction très ordinaire, donnant deux à trois centimètres d'étincelle, et alimentée par quelques piles. Les solutions sont placées dans de petits tubes de verre de la grandeur d'un dé à coudre, et dont le fond est traversé par un fil de platine mince communiquant avec le pôle négatif de la bobine. Le pôle positif est constitué par un fil de platine d'un millimètre de diamètre. On peut régler aisément la distance qui sépare l'extrémité de ce fil, de la surface de la solution. La longueur de l'étincelle peut varier dans d'assez larges limites (2 à 5 millimètres). Avec ce dispositif, il est inutile et souvent nuisible d'intercaler un condensateur entre les électrodes.

Le spectroscope avec lequel M. Lecoq de Boisbaudran observe cette étincelle relativement peu lumineuse, est un appareil peu dispersif, mais qui cependant dédouble la raie D (raie jaune du sodium). Dans ces conditions, on ne peut observer que la partie visible du spectre; et la position des raies est repérée sur l'échelle micrométrique que portent tous les spectroscopes de fabrication courante. M. Lecoq de Boisbaudran a mesuré et dessiné la plupart des spectres qui peuvent être observés par son procédé. Il les a publiés dans son livre des *Spectres lumineux*, qui aurait dû rendre à l'analyse spectrale la confiance que les chimistes lui marchandaient. Dans le même ouvrage, M. Lecoq de Boisbaudran a également décrit et dessiné les principaux spectres d'absorption, et quelques spectres de phosphorescence.

Après M. Lecoq de Boisbaudran, Demarçay apporta à la technique de l'analyse spectrochimique, un important progrès, en préconisant l'emploi du spectrographe qui substitue l'image photographique des spectres à leur observation directe. Le spectrographe présente sur le spectroscope de grands avantages. Il laisse des observations une image fidèle et durable, que l'on peut examiner à loisir, et à laquelle on peut se reporter quand il est nécessaire, sans avoir à recourir aux substances et au dispositif initiaux. Le spectrographe de Demarçay était composé d'un prisme de flint qui ne permettait d'observer que la partie photographique du spectre visible et le commencement de l'ultraviolet. Comme M. Lecoq de Boisbaudran, Demarçay observait des étincelles jaillissant à la surface des dissolutions salines.

Mais son spectrographe exigeait une étincelle très lumineuse. Pour obtenir ce résultat, il fit construire une bobine d'induction spéciale, par le constructeur Gaiffe. Cette bobine, qui se trouve actuellement au laboratoire de Mme Curie, donne une étincelle courte et très brillante, sans condensateur. La solution était placée dans une petite cupule de verre très basse et très évasée. Une mèche, composée d'une torsade de quelques fils de platine fins, était fixée au fil de platine qui traversait le fond de la cupule. La solution montait par capillarité dans la mèche, qui devait dépasser légèrement la surface du liquide, et l'étincelle jaillissait entre l'extrémité de cette mèche et l'extrémité d'un fort fil de platine. La longueur de l'étincelle ne dépassait pas un millimètre. Le temps de pose nécessaire pouvait varier de vingt secondes à une minute environ.

Sur la même plaque, et un peu au-dessous du spectre à étudier, grâce à un volet masquant une partie de la fente, on photographiait ensuite le spectre de l'étincelle jaillissant entre deux pointes de fer. Le spectre du fer, riche en raies et bien connu, servait de spectre de référence, et jouait un rôle analogue à celui de l'échelle micrométrique dans les spectroscopes ordinaires. Les clichés étaient ensuite étudiés à loisir en les plaçant sur le chariot d'une petite machine à diviser. La position des raies était ainsi déterminée par rapport à celle des raies du fer, de longueur d'onde connue.

Cette méthode photographique est un incontestable progrès sur les méthodes précédentes. Pour en faciliter l'emploi, Demarçay a publié un atlas renfermant quelques-unes de ses photographies agrandies, et accompagnées d'un texte contenant les mesures de la plupart des raies qui y figurent. Malheureusement l'atlas de Demarçay, quelque remarquable qu'il soit, est très incomplet. L'emploi d'une bobine spéciale a beaucoup contrarié le développement de cette méthode. Les spectres d'étincelle, décrits par Eder et Valenta ou par Crookes, sont très différents des spectres de Demarçay; et toutes ces circonstances ne sont pas très favorables à la vulgarisation d'une technique dont le grave inconvénient est de donner des résultats qui diffèrent, suivant que l'on a employé une bobine d'induction ou une autre.

Tel était l'état de la question lorsque j'ai entrepris sur cette question des recherches personnelles, qui m'étaient imposées par l'étude des terres rares. J'eus alors la bonne fortune de disposer du spectrographe à équipage de quartz du laboratoire

de M. J. Perrin à la Sorbonne. Mon premier soin fut d'étudier les techniques de mes devanciers. Je me suis alors rendu compte que la méthode de M. Lecoq de Boisbaudran ne convenait que pour la partie visible du spectre, et la méthode de Demarçay, pour la région spectrale où l'emploi du flint limite les observations.

Le quartz est beaucoup plus transparent que le flint pour les rayons ultra-violets. Avec des temps de pose plus faibles, on obtient de bonnes photographies qui comprennent tout le spectre ultra-violet pratiquement utilisable.

On n'est limité, dans le sens des très faibles longueurs d'onde, que par l'absorption de l'air (rayons de Schumann). Dans les parties très réfrangibles du spectre, la précision des mesures est considérable. Elle est cent fois plus grande que par la méthode de Lecoq de Boisbaudran, et environ dix fois plus grande que par la méthode de Demarçay.

C'est là un très précieux avantage qui évite toute incertitude dans l'attribution des raies. Il y avait donc intérêt à faire porter les observations sur la partie ultra-violette du spectre, de préférence à la partie visible. Malheureusement, l'étincelle de Lecoq de Boisbaudran donne toutes les bandes de l'azote qui envahissent la presque totalité de l'ultra-violet; l'étincelle de Demarçay n'en donne qu'une, mais cette bande, très étendue, occupe la partie centrale et la plus intéressante du spectre.

C'est alors que je m'exerçai à la technique des spectres d'arc. Cette technique jouit d'une grande faveur dans les laboratoires d'astrophysique où l'arc est généralement employé pour les spectrographes à réseaux qui exigent des sources de lumière d'un grand éclat. Le professeur Eberhard, de l'observatoire de Potsdam, me donna à ce sujet quelques conseils pratiques. Les résultats obtenus dépassèrent mon attente.

Les spectres d'arc présentent l'avantage d'être toujours identiques les uns aux autres. Ils ont été très correctement décrits par plusieurs auteurs : Kayser, Exner et Haschek, Eberhard, etc. Le spectre parasite des électrodes se limite aux bandes, attribuables au carbone, qui n'occupent que les confins du spectre visible et du spectre ultra-violet; à des raies du fer plus utiles que nuisibles, puisque le spectre du fer sert de spectre de référence, et à quelques rares raies du magnésium, de l'aluminium, du silicium et du calcium. Ce spectre parasite est incomparablement moins gênant que le spectre parasite de l'étincelle, dans lequel figurent les raies de l'air, les raies du platine et de nombreuses raies du manganèse, de la chaux, du plomb, etc.,

provenant de l'attaque inévitable des cupules de verre par les solutions.

Dans le cas des grands spectres de réseaux, préconisés par les astrophysiciens pour atteindre dans les mesures une très haute précision, l'arc consomme de très grandes quantités de matière, parce que le temps de pose est nécessairement assez long. Dans le cas du spectrographe à équipage de quartz, il n'en est plus de même : une pose d'un dixième de seconde suffit, et il suffit souvent d'un dixième de milligramme de matière pour obtenir un spectre suffisant.

Il importe en effet, dans des recherches où l'observation spectrale n'est pas un but, mais un moyen, de ne consommer pour chaque observation que des quantités insignifiantes de matières, généralement rares et coûteuses. Enfin — et c'est là un avantage très appréciable sur les procédés à l'étincelle — la matière peut être examinée sous une forme quelconque, solide ou liquide. La forme solide est la plus convenable. Les charbons entre lesquels jaillit l'arc étant l'un au-dessous de l'autre, on place le charbon positif en bas. On a percé au préalable un petit trou suivant l'axe de ce charbon, et c'est dans cette cavité que l'on place la matière solide, qui peut être un oxyde ou n'importe quel sel, ou même un minéral. On conçoit l'avantage et toute la généralité du procédé. Plus de dissolutions à faire en prenant des soins méticuleux, si difficiles à observer pour des opérations aussi complexes; plus de concentrations déterminées à atteindre. La technique est incomparablement simplifiée, et, grâce à la description si complète de ces spectres, plus d'incertitudes dans l'attribution des raies, sauf peut-être de quelques raies très faibles omises dans les tables.

Des charbons pleins, de cinq à huit millimètres de diamètre, conviennent, et se trouvent aisément dans le commerce. L'intensité du courant nécessaire est d'environ 12 ampères.

A chaque détermination il est avantageux de photographier immédiatement, l'un au-dessous de l'autre, trois spectres : le spectre des charbons (avant d'avoir introduit la matière dans la cavité); le spectre à étudier, et enfin le spectre d'arc du fer, que l'on obtient en faisant jaillir l'arc entre deux forts clous.

On peut ainsi tenir compte des impuretés du charbon et s'assurer par la coïncidence des raies du fer, que le spectre à étudier et le spectre du fer sont eux-mêmes bien en coïncidence.

Le spectrographe que j'utilise actuellement se compose d'un seul prisme de Cornu, en quartz. Le spectre ultra-violet occupe sur les plaques une longueur de 20 centimètres. Les clichés sont

étudiés à l'aide d'une petite machine à diviser dont le microscope grossit dix fois. Tout se passe comme si l'on observait un spectre de deux mètres de longueur. Dans ces conditions on peut affirmer immédiatement, à quelques dixièmes d'unité Angström près, la longueur d'onde des raies; et cette précision est largement suffisante pour des recherches chimiques.

Pour obtenir ce résultat, je compare le spectre de référence à la photographie d'un spectre normal du fer. Longtemps j'ai utilisé le spectre publié par Kayser. J'utilise actuellement, comme spectre de comparaison, le spectre d'arc du fer récemment publié par MM. Fabry et Buisson, préférable au précédent pour la netteté des épreuves. Ce sont des spectres normaux accompagnés d'une graduation en longueurs d'onde. On peut donc évaluer la longueur d'onde d'une raie quelconque d'après sa position par rapport aux raies du fer. Des mesures plus précises ne sont nécessaires qu'en cas de doute. Par la méthode graphique on peut obtenir alors, pour les régions ultra-violettes lointaines, une précision de l'ordre de quelques centièmes d'unité Angstrœm : l'incertitude porte seulement sur le sixième chiffre des longueurs d'onde si l'on dispose d'une bonne machine à diviser.

J'ai eu soin de marquer, sur mes spectres de comparaison, la position des principales raies de tous les corps. De la sorte, une inspection rapide me permet d'affirmer en quelques minutes la présence des principaux corps contenus dans la substance à étudier.

Cela est très suffisant pour les recherches courantes, et l'ensemble des opérations exige moins de temps qu'il n'en faut pour l'exposer (1). Mais cela est insuffisant pour des recherches plus délicates; ce qui serait le cas si l'on ne voulait laisser échapper aucun corps présent, fût-ce à l'état de traces spectroscopiques.

En général, les chimistes s'étaient peu préoccupés jusqu'ici des raies faibles. Demarçay a fait remarquer qu'elles sont incertaines, surtout si elles sont nombreuses, et il les négligeait dans ses observations.

Dans la méthode que je préconise, il n'en n'est plus de même. Lorsqu'une première inspection m'a permis de constater la présence d'un certain nombre de corps, je fais un mélange de ces corps et je fais une nouvelle série de spectres en encadrant

(1) Le lavage et le séchage des clichés apportent seuls quelque retard aux observations.

le spectre à étudier du spectre de référence du fer et du spectre du mélange synthétique (spectre témoin). Dans l'examen de ce spectre, je n'ai plus à m'occuper des raies qui coïncident dans le spectre à étudier et le spectre témoin. Je fixe exclusivement mon attention sur les raies, même faibles, qui dans le spectre à étudier ne coïncident pas avec les raies du spectre témoin, et je procède avec celles-ci, comme je l'avais fait tout d'abord avec les raies les plus fortes. La méthode présente toute la rigueur désirable. Elle convient parfaitement aux recherches chimiques, étant à la fois pratique, rigoureuse et simple.

J'ajouterai que la méthode des spectres d'arc est la plus générale de toutes et qu'à part quelques métalloïdes, tous les éléments donnent des spectres d'arc.

Cette méthode, qui est actuellement d'un usage courant dans mon laboratoire et quelques autres laboratoires de chimie, a fait ses preuves, je lui dois la découverte du lutécium et en partie celle du celtium, et aussi l'isolement d'éléments aussi difficiles à obtenir à l'état de pureté que le terbium et le dysprosium.

Le seul inconvénient de cette méthode est le prix encore élevé de l'installation première; mais grâce à l'initiative des constructeurs, le prix des spectrographes diminuera certainement dans de fortes proportions.

REMARQUES RELATIVES A L'ANALYSE SPECTRALE

Quelque pratique et général que soit le procédé de l'arc, je ne pense pas qu'il faille lui sacrifier les autres. Toutes les méthodes, même les moins générales, sont de nature à donner au chimiste des renseignements utiles. Le spectrographe ne doit pas nécessairement proscrire le spectroscope. On voit d'un coup d'œil, dans le spectroscope, des caractères que le spectrographe serait difficilement apte à révéler. Le spectroscope à main, par exemple, quelqu'imparfait qu'il soit, rend de rapides services qu'il serait absurde de négliger.

Il serait de même absurde de renoncer à l'observation des spectres de flamme, sous prétexte que la méthode des spectres d'arc est plus générale. Il y a des cas où il est avantageux d'employer des méthodes d'usage restreint. Les métaux de la famille du fer ne gênent pas pour la recherche des alcalis par la méthode de Bunsen, puisqu'ils ne donnent dans la flamme, avec le fil de platine humecté de solution, aucun spectre; ils seraient gênants par la méthode de l'arc, car ils donnent ainsi

un très grand nombre de raies, parmi lesquelles celles des métaux alcalins seront noyées, à moins qu'ils n'existent en grande abondance dans la substance à étudier.

La variété des ressources de l'analyse spectrale est, certainement, un précieux avantage pour la recherche. Spectres de flamme, spectres électriques des gaz raréfiés, spectres électriques des dissolutions, spectres d'arc, spectres d'absorption, spectres de phosphorescence; spectres visibles, spectres ultra-violets, spectres infra-rouges (1) : tous ces genres de spectres présentent de l'intérêt dans des cas spéciaux. C'est cette diversité, c'est cette richesse qui font de l'analyse spectrale une science pratique, attrayante, passionnante même.

Le chimiste doit principalement porter son attention sur l'emploi judicieux des diverses méthodes. Il doit les étudier comme il s'astreint à étudier les diverses méthodes analytiques de la voie aqueuse. Il doit les combiner avec celles-ci et contrôler, les uns par les autres, les résultats obtenus. Quiconque se sera appliqué pendant quelques semaines à cette étude, ne pourra plus se livrer à des recherches d'analyse chimique sans avoir constamment recours au spectroscope et au spectrographe, qui donnent si aisément et si promptement, des certitudes absolues.

Il est temps que l'analyse spectrale ait dans les laboratoires de chimie le rang qu'elle mérite. Le meilleur moyen d'y parvenir est d'en étendre l'enseignement. Actuellement, les jeunes chimistes se font une idée incomplète, ou même incorrecte, du rôle que peut jouer le spectroscope dans les recherches analytiques.

Les timides redoutent de se risquer dans un domaine où ils sentent l'insuffisance de leurs connaissances; les plus hardis font quelques tentatives d'expérimentation. Mais ignorant tout des détails de technique, ils se découragent généralement, soit qu'ils aient vu trop de raies, soit qu'ils n'aient pu observer que les raies parasites de l'étincelle : raies de l'air ou raies des électrodes.

Le spectroscope jouit ainsi, parmi les chimistes, d'une réputation médiocre. Ils le considèrent comme un appareil délicat, capricieux et d'une sensibilité excessive. Ces reproches sont mal fondés.

Il est nécessaire d'étudier l'analyse spectrale pour savoir se

(1) L'étude des spectres infra-rouges n'est pas encore entrée dans le domaine de la pratique.

servir d'un spectroscope. Ce serait en vérité trop simple, s'il suffisait de placer l'œil à l'oculaire.

Si pour faire une analyse par voie aqueuse, il suffisait de savoir que l'on fait usage d'une boîte de réactifs, l'analyse classique serait elle-même extrêmement simple. Or il n'est pas plus suffisant de regarder dans une lunette pour faire de l'analyse spectrale, qu'il n'est suffisant de regarder des précipités dans des tubes à essais, pour faire de l'analyse par voie aqueuse.

L'analyse spectrale n'est ni plus capricieuse, ni plus délicate que l'analyse classique. Elle a, comme celle-ci, une technique variée; et dans la plupart des cas, elle est plus expéditive et plus sûre.

On lui reproche beaucoup sa sensibilité. La sensibilité des réactions spectrales est légendaire. Il serait excessif de prendre le contre-pied d'une telle critique et de s'étendre complaisamment sur les avantages que peut présenter la sensibilité des réactions spectrales. Les chimistes qui ont eu l'occasion de préparer des corps spectroscopiquement purs, savent au prix de quel labeur on peut atteindre un pareil résultat. Ils seront naturellement disposés à approuver une critique qui les élève à leurs propres yeux. Mais ce reproche s'adresse à toute espèce de réaction sensible, spectrale ou non. Il existe des réactions de la voie aqueuse dont la sensibilité dépasse celle de bien des spectres. On exagère beaucoup la sensibilité des réactions spectrales; et sans contester qu'elle est généralement supérieure à celle des réactions chimiques, il est abusif de généraliser ce qui est exact seulement dans certains cas.

Le sodium est, dans la flamme, d'une extrême sensibilité; on en conclut qu'il en est de même pour les autres corps. Or si, grâce à la sensibilité du sodium et à la diffusion de cet élément dans la nature, on trouve du sodium dans toutes les flammes, il n'en est pas de même du potassium, du lithium, du rubidium, du cæsium, du calcium, du baryum, du strontium, etc.

D'autre part, on peut toujours diminuer la sensibilité d'une réaction — par exemple en opérant sur des liqueurs convenablement diluées. On peut de même rechercher, non plus les raies les plus sensibles, mais des raies faibles dont la présence ne peut être constatée que dans les cas où l'on opère sur des échantillons relativement riches. Il est plus facile de diminuer la sensibilité d'une réaction que de faire l'inverse; et c'est ce que je vois de mieux à opposer à une opinion très répandue, mais que les spécialistes savent être fort exagérée.

BIBLIOGRAPHIE

I

Leonhardi Euleri Opera omnia sub auspiciis Societatis scientiarum naturalium Helveticae edenda curaverunt Ferdinand Rudio, Adolf Krazer, Paul Stäckel. Series prima. Opera mathematica. Volumen I. — Leonhard Euler vollständige Anleitung zur Algebra, mit den zusätzen von Joseph Louis Lagrange, herausgegeben von Heinrich Weber, mit einem Bilde von Euler nach dem Stiche von Mechel, einem Vorwort zur Eulerausgabe, und der Lobrede von Nicolaus Fuss. Leipzig et Berlin. B. G. Teubner 1911. Un vol. in-4° de xcv-651 pages et un portrait d'Euler hors texte.

Le premier volume des *Œuvres complètes d'Euler* débute par une *Introduction générale* divisée en deux parties. Dans la première l'un des éditeurs, M. Rudio, professeur au Polytechnicum de Zurich, nous dit dans quelles circonstances la publication de ce grand ouvrage fut décidée, les conditions matérielles de l'entreprise, le plan adopté pour sa réalisation, etc. Il n'y a pas lieu de les répéter de nouveau ici, je les ai fait connaître aux lecteurs de la Revue, il y a un an, dans mon *Bulletin d'Histoire des Mathématiques et de l'Astronomie* d'octobre 1910. Les *Opera omnia* d'Euler formeront, je le rappelle, 45 volumes in-4°, et nous y trouverons tous les travaux de l'immortel géomètre, dans la langue où il les a écrits : latin, français ou allemand. Cette première partie de l'*Introduction* est en allemand. La seconde, consacrée à l'*Éloge* d'Euler par Nicolaus Fuss est, elle aussi, dans la même langue. Fuss, il est vrai, prononça cet éloge en français, devant l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, le 23 octobre 1783 ; mais il le traduisit lui-même en allemand et c'est cette traduction qu'il publia à Bâle, en 1786.

On doit la considérer comme l'édition originale. Le titre en est reproduit, dans la présente édition, par le procédé anastatique :

Lobrede auf Herrn Leonhard Euler, in der Versammlung der Kayserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg der 23 Octob. 1783 vorgelesen von Nicolaus Fuss Professor der höhern Mathematik, und ordentlichem Mitgliede der Kayserlichen Akademie der Wissenschaften. Von dem Verfasser selbst aus dem französischen übersetzt und mit verschiedenen Zusätzen vermehrt, nebst einem vollständigen Verzeichnis der Eulerschen Schriften. Basel, bey Johann Schweighauser. 1786. La Bibliothèque Royale de Belgique en possède un exemplaire (V. H. 22198).

L'*Éloge* d'Euler est réédité intégralement d'après l'original allemand, avec la dédicace, la préface, les notes et les commentaires qui l'y accompagnent. Quelques-unes des assertions de Fuss, quelques faits rapportés par lui sont reconnus aujourd'hui comme erronés. Il était bon de les rectifier. Les éditeurs ne se sont cependant pas crus autorisés à toucher pour cela au texte lui-même, mais ils ont relevé les inexactitudes, dans des notes au bas des pages, signées des initiales F. R., qui les distinguent aisément des notes du texte primitif. Excellente méthode à laquelle il n'y a rien à objecter. Une bibliographie d'Euler, à première vue assez étendue, mais reconnue depuis comme très incomplète et n'offrant plus qu'un attrait de simple curiosité, était ajoutée en Appendice à l'*Éloge*. Les nouveaux éditeurs ont jugé inutile de la réimprimer, l'*Inventaire des Œuvres d'Euler* publié, en 1910, par M. Eneström, dans le JAHRESBERICHT DER DEUTSCHEN MATHEMATIKER VEREINIGUNG, ayant enlevé à peu près toute importance aux bibliographies antérieures.

Le tome I des *Opera omnia* d'Euler est consacré en entier à ses *Éléments d'Algèbre*. Écrits en allemand, ils parurent à Saint-Pétersbourg, en 1770. Mais deux russes, Pierre Inochodtzoff et Ivan Iudin, ayant eu en communication le manuscrit d'Euler, le traduisirent et le publièrent dans leur langue, dès 1768 et 1769. La traduction de l'*Algèbre* vit ainsi le jour avant le texte original. Cela va sans dire, c'est cependant la rédaction allemande qui nous est donnée ici. Les éditeurs y ajoutent les notes de Lagrange publiées du vivant d'Euler, en 1774. Elles contribuent à l'intérêt de l'ouvrage principal.

Le travail préparatoire à l'édition de ce premier volume a été confié à M. Henri Weber, qui y a mis beaucoup de soin et s'en est tiré avec succès. C'est de bon augure pour les volumes

suivants. L'*Algèbre* d'Euler contient quelques inexactitudes, disons plus, l'une ou l'autre faute véritable, notamment dans les sommations des séries que l'auteur effectue sans s'assurer au préalable de leur convergence ; d'où certaines conclusions paradoxales, absolument inadmissibles. M. Weber les signale, au fur et à mesure, au bas des pages, dans des notes sobres, mais suffisantes.

L'*Algèbre* originale allemande était en deux volumes, dont les titres sont reproduits ici par le procédé anastatique. Voici le premier.

Vollständige Anleitung zur Algebra von Hrn. Leonhard Euler. Erster Theil. Von den verschiedenen Rechnungs-Arten, Verhältnissen und Proportionen. St. Petersburg. Gedrukt bey der Kays. Acad. der Wissenschaften 1770.

Courte Préface.

Première partie. *1e Section. Calcul des monomes.* — Ch. 1. Généralités sur les mathématiques. — Ch. 2. Explication des signes plus et moins. — Ch. 3. Multiplication des monomes. — Ch. 4. Décomposition des nombres entiers en facteurs. — Ch. 5. Division des monomes. — Ch. 6. Divisibilité des nombres entiers. — Ch. 7. Généralités sur les fractions. — Ch. 8. Propriétés des fractions. — Ch. 9. Addition et soustraction des fractions. — Ch. 10. Multiplication et division des fractions. — Ch. 11. Des nombres carrés. — Ch. 12. Racines carrées et nombres irrationnels auxquels les racines carrées donnent naissance. — Ch. 13. Des impossibilités ayant la forme de racine carrée imaginaire. — Ch. 14. Des cubes. — Ch. 15. Racines cubiques et irrationnelles auxquelles elles donnent naissance. — Ch. 16. Généralités sur les puissances. — Ch. 17. Calcul des puissances. — Ch. 18. Racines de degré quelconque. — Ch. 19. Emploi des exposants fractionnaires pour exprimer les irrationnelles. — Ch. 20. Généralités sur les égalités. — Ch. 21. Généralités sur les logarithmes. — Ch. 22. Des tables de logarithmes usuelles. — Ch. 23. Construction des tables de logarithmes.

Plusieurs des sujets traités dans cette section ne font plus partie aujourd'hui des éléments d'algèbre ; nous avons pris l'habitude de les mettre dans les précis d'arithmétique.

2e Section. Calcul des polynomes. — Ch. 1. Addition des polynomes. — Ch. 2. Soustraction des polynomes. — Ch. 3. Multiplication des polynomes. — Ch. 4. Division des polynomes. — Ch. 5. Développement des fractions en séries illimitées. — Ch. 6. Carrés des polynomes. — Ch. 7. Racines carrées des polynomes.

— Ch. 8. Calcul des radicaux. — Ch. 9. Cubes et racines cubiques des polynomes. — Ch. 10. Puissances supérieures des polynomes. — Ch. 11. Permutations des lettres considérées comme pouvant servir de base à la démonstration de la règle de formation des termes du développement précédent. — Ch. 12. Développement des puissances irrationnelles en séries infinies. — Ch. 13. Développement des puissances négatives en séries infinies.

3 Section. Rapports et proportions. — Ch. 1. Rapports arithmétiques ou différence de deux nombres. — Ch. 2. Proportions arithmétiques. — Ch. 3. Progressions arithmétiques. — Ch. 4. Sommation des progressions arithmétiques. — Ch. 5. Nombres figurés ou polygonaux. — Ch. 6. Rapports géométriques. — Ch. 7. Plus grand commun diviseur de deux nombres donnés. Ch. 8. Proportions géométriques. — Ch. 9. Remarques sur l'emploi des proportions. — Ch. 10. Composition des rapports. — Ch. 11. Progressions géométriques. — Ch. 12. Fractions décimales illimitées. — Ch. 13. Calcul des intérêts.

Nouveau titre reproduit par le procédé anastatique : *Vollständige Anleitung zur Algebra,* etc... *Zweiter Theil. Von Auflösung algebraischer Gleichungen und der urbestimmten Analytic.* St. Petersburg, etc.., 1770.

Seconde partie. *1e Section. Des équations algébriques et de leur solution.* — Ch. 1. Généralités sur la résolution des problèmes. — Ch. 2. Des équations du 1er degré et de leur solution. — Ch. 3. Solution de quelques problèmes. — Ch. 4. Résolution des équations du 1er degré à deux et à un plus grand nombre d'inconnues. — Ch. 5. Résolution des équations purement quadratiques (c'est-à-dire, des équations du 2d degré ne renfermant pas la première puissance de l'inconnue). — Ch. 6. Résolution des équations quadratiques mêlées (en d'autres termes, des équations complètes du 2d degré).—Ch. 7. Extraction des racines des nombres polygonaux. — Ch. 8. De l'extraction de la racine carrée des binomes. (Il s'agit de la transformation des radicaux superposés en somme de radicaux simples). — Ch. 9. Des propriétés des équations quadratiques. — Ch. 10. Des équations purement cubiques (c'est-à-dire des équations cubiques binomes). — Ch. 11. Résolution des équations cubiques complètes. — Ch. 12. Règle de Cardan ou de Scipion Ferrei *(sic)*. — Ch. 13. Résolution des équations du 4e degré, dites aussi équations biquadratiques. — Ch. 14. Règle de Bombelli pour ramener la résolution de l'équation biquadratique à celle d'une équation

cubique. — Ch. 15. Nouvelle méthode pour résoudre l'équation biquadratique. — Ch. 16. De la résolution des équations par approximations (c'est-à-dire détermination des racines numériques des équations par approximations successives).

2e *Section. Analyse indéterminée.* — Ch. 1. Résolution d'une seule équation à plusieurs inconnues. — Ch. 2. De la règle dite *Regula cæci*, pour déterminer trois ou un plus grand nombre d'inconnues données par deux équations. — Ch. 3. Des équations indéterminées composées, dans lesquelles l'une des inconnues n'entre qu'au premier degré. (Par équations indéterminées composées, Euler entend celles qui sont d'un degré supérieur au premier). — Ch. 4. Manière de rendre rationnelle l'expression irrationnelle $\sqrt{(a + bx + cxx)}$. — Ch. 5. Des cas où la formule $a + bx + cxx$ ne saurait se transformer en carré. — Ch. 6. Des cas où on peut transformer la formule $axx + b$ en carré, en prenant pour x des nombres entiers. — Ch. 7. Méthode particulières pour transformer la formule $ann + 1$ en carré, en prenant pour n des nombres entiers. — Ch. 8. Manière de rendre rationnelle l'expression irrationnelle $\sqrt{(a + bx + cxx + dx^3)}$. — Ch. 9. Manière de rendre rationnelle l'expression irrationnelle $\sqrt{(a + bx + cxx + dx^3 + ex^4)}$. — Ch. 10. Manière de rendre rationnelle l'expression irrationnelle $\sqrt[3]{(a + bx + cxx + dx^3)}$. — Ch. 11. De la décomposition de l'expression $axx + bxy + cyy$ en facteurs. — Ch. 12. De la transformation de l'expression $axx + cyy$ en carrés ou en puissances plus élevées. — Ch. 13. De quelques expressions de la forme $ax^4 + by^4$ qui ne sont pas réductibles en carrés. — Ch. 14. Solution de quelques questions qui appartiennent à cette partie de l'analyse. — Ch. 15. Solution de quelques questions où l'on demande des cubes.

Ici se termine l'*Algèbre* d'Euler proprement dite. Les *Additions à l'Analyse indéterminée* de Lagrange parurent, pour la première fois, dans la traduction de l'*Algèbre* d'Euler, faite par Jean III Bernoulli, et publiée en 2 volumes à Lyon, en 1774, sous le titre : *Elémens d'Algèbre par M. Léonard Euler, traduits de l'Allemand avec des notes et additions. Tome premier. De l'analyse déterminée. Tome second. De l'analyse indéterminée.* Les *Additions* de Lagrange y occupent les pages 369-664 du second volume.

L'avertissement contient sur l'*Algèbre* d'Euler une appréciation intéressante. Venant de Lagrange, elle vaut la peine d'être rappelée ici.

« Les géomètres du siècle passé, dit l'auteur, se sont beaucoup

occupés de l'analyse indéterminée, qu'on appelle vulgairement *Analyse de Diophante :* mais il n'y a proprement que MM. Bachet et Fermat qui aient ajouté quelque chose à ce que Diophante lui-même nous a laissé sur cette matière.

» On doit surtout au premier une méthode complète pour résoudre en nombres entiers tous les problèmes du premier degré. Le second est l'auteur de quelques méthodes pour la solution des équations indéterminées qui passent le second degré ; de la méthode singulière, par laquelle on démontra qu'il est impossible que la somme ou la différence de deux carrés-carrés, puisse jamais être un carré ; de la solution d'un grand nombre de problèmes très difficiles et de plusieurs beaux théorèmes sur les nombres entiers, qu'il a laissés sans démonstration, mais dont la plupart ont été ensuite démontrés par M. Euler, dans les *Commentaires de Petersbourg.*

» Cette branche de l'analyse a été presque abandonnée dans ce siècle ; et si on excepte M. Euler, je ne connais personne qui s'y soit appliqué. Mais les belles et nombreuses découvertes que ce grand géomètre y a faites, nous ont bien dédommagé de l'espèce d'indifférence que les autres géomètres paraissent avoir eu jusqu'ici pour ces sortes de recherches. Les *Commentaires de Petersbourg* sont pleins des travaux de M. Euler dans ce genre. et l'ouvrage qu'il vient de donner est un nouveau service qu'il rend aux amateurs de l'analyse de Diophante. On n'avait point encore d'ouvrage où cette science fût traitée d'une manière méthodique, et qui renfermât et expliquât clairement les principales règles connues jusqu'ici pour la solution des problèmes indéterminés. Le traité précédent réunit ce double avantage. »

Lagrange fait ensuite connaître l'objet de ses principales *Additions* à l'*Algèbre* d'Euler.

« La théorie des fractions continues, dit-il, est une des plus utiles de l'arithmétique, où elle sert à résoudre avec facilité des problèmes qui, sans son secours, seraient presque intraitables ; mais elle est d'un plus grand usage encore dans la solution des problèmes indéterminés, lorsqu'on ne demande que des nombres entiers. Cette raison m'a engagé à exposer cette théorie avec toute l'étendue nécessaire pour la faire bien entendre. Comme elle manque dans les principaux ouvrages d'arithmétique et d'algèbre, elle doit être peu connue des géomètres...

» A la suite... viennent différents problèmes curieux et entièrement nouveaux, qui dépendent à la vérité de la même théorie, mais que j'ai cru devoir traiter d'une manière directe, pour en

rendre la solution plus intéressante. On y remarquera principalement une méthode très simple et très facile pour réduire en fractions continues les racines des équations du second degré et une démonstration rigoureuse que ces fractions doivent toujours être nécessairement périodiques.

» Les autres additions concernent surtout la résolution des équations indéterminées du premier et du second degré. Je donne pour celles-ci des méthodes générales et nouvelles, tant pour le cas où on ne demande que des nombres rationnels, que pour celui où l'on exige que les nombres cherchés soient entiers ; et je traite d'ailleurs quelques autres matières importantes relatives au même objet.

» Enfin le dernier paragraphe renferme des recherches sur les fonctions qui ont la propriété, que le produit de deux ou de plusieurs fonctions semblables, est aussi une fonction semblable ; j'y donne une méthode générale pour trouver ces sortes de fonctions, et j'en fais voir l'usage pour la résolution de différents problèmes indéterminés, sur lesquels les méthodes anciennes n'auraient aucune prise. »

Pour préciser davantage ces considérations, voici la liste des *Additions* de Lagrange :

1° Sur les fractions continues. — 2° Solution de quelques problèmes curieux et nouveaux en arithmétique (au nombre de trois). — 3° Sur la résolution des équations du premier degré à deux inconnues en nombres entiers. — 4° Méthode générale pour résoudre en nombres entiers les équations à deux inconnues, dont l'une ne passe pas le premier degré. — 5° Méthode directe et générale pour résoudre les équations du second degré à deux inconnues, en nombres rationnels. Résolution de l'équation $Ap^2 + Bq^2 = z^2$ en nombres entiers. — 6° Sur les doubles et triples égalités. — 7° Méthode directe et générale pour résoudre en nombres entiers les équations du second degré à deux inconnues. Résolution de l'équation $Cy^2 - 2nyz + Bz^2 = 1$ en nombres entiers. De la manière de trouver toutes les solutions possibles de cette équation lorsqu'on en connaît une seule. De la manière de trouver toutes les solutions possibles en nombres entiers des équations du second degré à deux inconnues. — 8° Remarques sur les équations de la forme $p^2 = Aq^2 + 1$, et sur la manière ordinaire de les résoudre en nombres entiers. — 9° De la manière de trouver des fonctions algébriques de tous les degrés, qui étant multipliées ensemble produisent toujours des fonctions semblables.

Il en est en mathématiques, comme en histoire, comme en philosophie, comme d'ailleurs en toute science, certains maîtres ont du style, d'autres n'en ont pas. Lagrange a une plume incomparable, qu'il manie avec une virtuosité d'artiste ! On relit ses mémoires pour le simple plaisir de relire quelques pages bien écrites. Euler ne souffre pas d'un pareil voisinage ; on le constate avec intérêt.

H. Bosmans, S. J.

II

Über das letzte Fermatsche Theorem, von Benno Lind in Frankfurt a M. Leipzig et Berlin. Un vol. in-8° de 45 pages (1). — Teubner, 1910.

Par dernier théorème de Fermat, M. Benno Lind entend, on le devine, l'impossibilité de résoudre en nombres entiers l'équation

$$x^n + y^n = z^n$$

pour $n > 2$. Mais pourquoi appeler ce théorème le dernier de Fermat, quand c'est au contraire la première des notes marginales de son exemplaire de Diophante? Parce que c'est le dernier en tant que question à résoudre. C'est la seule des célèbres notes du Diophante, dont la démonstration ne soit pas encore trouvée. En voici l'énoncé, d'après la traduction de Paul Tannery (2) :

« Il est impossible de partager, soit un cube en deux cubes, soit un bicarré en deux bicarrés, soit en général une puissance quelconque supérieure au carré, en deux puissances de même degré. J'en ai découvert une démonstration merveilleuse, que cette marge est trop étroite pour contenir. »

Cette phrase finale a de tout temps encouragé les savants et stimulé leurs recherches. Des géomètres du XVIIe siècle, Fermat est le plus modeste ; c'est aussi le moins sujet à l'erreur. Jamais

(1) Ce volume forme la 2me partie du tome XXVI des Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen, begründet von Moritz Cantor.

(2) *Œuvres de Fermat*, t. III, Paris, Gauthier-Villars, 1896, p. 241.

on ne l'a surpris en flagrant délit de paralogisme. Puisqu'il affirme avoir démontré le théorème, il faut le croire jusqu'à preuve du contraire. On m'objectera, je le sais, les nombres de la forme

$$N = 2^{2^k} + 1.$$

Fermat les croyait toujours premiers, quel que soit k ; ce qui a été reconnu inexact par Euler (1), puisque

$$2^{2^5} + 1 = 4294067297 = 6700417 \,.\, 641.$$

Il n'y a pas de parité entre les deux cas. Les termes dans lesquels Fermat formule cette dernière proposition sont en effet très différents de ceux qu'il emploie pour la première. La proposition erronée se rencontre à trois reprises dans ses *Œuvres*. Fermat, il est vrai, était convaincu de la vérité de son théorème ; mais chaque fois qu'il le donna, il y mit des réserves. A la fin de *La dissertation tripartite*, il ne l'énonça qu'en le faisant précéder des mots « quum apud me constet ; je regarde comme certain » (2). C'est cependant celle des trois circonstances où le conseiller au Parlement de Toulouse parla le langage le plus ferme ; car au mois d'août 1640, après avoir communiqué le théorème à Frénicle, il lui dit en termes exprès (3) : « je n'en ai pas la démonstration exacte, mais j'ai exclu si grande quantité de diviseurs par démonstrations infaillibles, et j'ai de si grandes lumières qui établissent ma pensée, que j'aurai peine à me dédire ». Enfin, quatorze ans plus tard, le 2 août 1654, il avoua non moins franchement à Pascal, qu'il n'en avait pas encore découvert de démonstration satisfaisante (4).

« Songez, lui dit-il, si vous le trouvez à propos à cette proposition.

» Les puissances quarrées de 2, augmentées d'une unité, sont toujours des nombres premiers.

» Le quarré de 2 augmenté de 1 fait 5, qui est nombre premier.

(1) *Observationes de theoremate quodam Fermatiano, aliisque ad numeros primos spectantibus. Auctore Leonh. Eulero.* COMMENTARII ACADEMIAE SCIENTIARUM IMPERIALES PETROPOLITANAE. AD ANNOS MDCCXXXII et MDCCXXXIII, t. VI, Petropoli, 1738, pp. 104-105.

(2) *Œuvres de Fermat*, t. I, Paris, Gauthier-Villars, 1891, p. 131.

(3) *Œuvres de Fermat*, t. II, Paris, id., p. 208.

(4) *Œuvres de Fermat*, t. II, pp. 309-310.

» Le quarré du quarré fait 16 qui, augmenté de l'unité fait 17, nombre premier.

» Le quarré de 16 fait 256 qui, augmenté de l'unité, fait 257, nombre premier.

» Le quarré de 256 fait 65 536 qui, augmenté de l'unité, fait 65 537, nombre premier.

» Et ainsi à l'infini.

» C'est une propriété de la vérité de laquelle je vous réponds. La démonstration en est très malaisée et je vous avoue que je n'ai pu encore la trouver pleinement. Je ne vous la proposerais pas pour la chercher si j'en étais venu à bout. »

Nous sommes loin, on le voit, de l'assurance d'un Fermat se disant comme tantôt possesseur « d'une démonstration merveilleuse » de son théorème ! L'erreur découverte par Euler ne préjuge rien contre l'exactitude du dernier théorème encore à démontrer. Aussi en est-il peu qui aient donné lieu à autant de recherches. Pourquoi la confiance en la parole du maître, pourquoi l'amour désintéressé de la science n'ont-ils pas été les seuls mobiles de tant d'efforts ? Le mirage du grand prix de 100 000 marks, dont dispose l'Académie de Gottingue, y a trop souvent contribué. M. Lind a cru faire chose utile, en décourageant les chercheurs incapables. Sa brochure empêchera en même temps les savants sérieux de piétiner sur place, ou de s'engager dans des voies reconnues sans issue. La première partie résume les résultats acquis. La seconde contient l'histoire des essais de solution du problème. La troisième est consacrée à la bibliographie du sujet. La quatrième enfin paraît ajoutée après coup et vient compléter la première.

H. Bosmans, S. J.

III

Jacobi de Billy Doctrinae analyticae inventum novum, Fermats an Billy entnommen. Herausgegeben und übersetzt von Paul von Schaewen. Un vol. in-8° de 143 pages. — Berlin, Otto Salle, 1910.

Jacques de Billy naquit à Compiègne, en 1602, et entra dans la Compagnie de Jésus, en 1619. Il professa les mathématiques, fut recteur de Châlons, Sens, Langres, et mourut à Dijon, le

14 janvier 1679. Il doit sa célébrité au *Doctrinae Analyticae inventum novum, collectum a R. P. Jacobo de Billy, S. J., ex variis epistolis, quas ad eum diversis temporibus misit D. P. de Fermat, Senator Tolosanus,* imprimé en tête de l'*Arithmetica Diophanti Alexandrini, cum commentariis Claudii Gasparis Bacheti et observationibus Petri de Fermat* (1). L'*Inventum novum* n'a plus été réédité depuis, mais Paul Tannery en a donné une traduction française, au tome III de son édition des *Œuvres de Fermat* (2). Traduction beaucoup trop libre au gré du nouvel éditeur, M. Paul von Schaewen, et qui contient des inexactitudes. Ces inexactitudes sont-elles de vraies fautes? M. von Schaewen ne le dit pas et le temps m'a fait défaut pour confronter le texte de Tannery avec l'original latin et me former, par moi-même, une opinion.

Quant à la liberté laissée aux traducteurs des auteurs anciens, Tannery avait à ce sujet des idées personnelles parfaitement défendables, exposées dans la préface du tome III des *Œuvres de Fermat* (3), précisément à l'occasion de sa traduction de l'*Inventum novum*. M. von Schaewen suit une autre règle : s'attacher au texte d'aussi près que possible. Une traduction, quoiqu'on fasse, ne remplacera jamais un original ; il est donc bien permis de se mettre, en traduisant, à des points de vue différents. Le service rendu par M. von Schaewen consiste cependant beaucoup plus à nous avoir donné de l'*Inventum novum* un texte latin facilement accessible, qu'à l'avoir traduit en allemand d'une manière tout à fait littérale. Son édition se termine par des corrections et des remarques utiles. C'est en définitive un bon travail.

H. B.

IV

Leçons sur le prolongement analytique, professées au Collège de France par L. Zoretti (Ouvrage faisant partie de la *Collection de Monographies sur la théorie des fonctions*, publiées sous la direction de M. Émile Borel). 1 vol. in-8° de 115 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

(1) Toulouse, 1670, pp. 1-36.
(2) Pp. IX-XII.
(3) Pp. 325-398.

Les leçons qu'au Collège de France la fondation Peccot permet, à tour de rôle, de confier à de jeunes savants, auteurs de recherches originales, constituent l'une des sources où s'alimente le plus volontiers la Collection Borel. Après M. Borel lui-même (dont M. Zoretti a précisément rédigé naguère les leçons sur les fonctions méromorphes), après MM. Lebesgue, Baire, Boutroux, M. Zoretti vient de faire prendre la forme du livre aux leçons qu'il a été appelé à donner dans ces conditions au Collège de France, et qui ont eu pour sujet le prolongement analytique.

Le but essentiel poursuivi par l'auteur ressort de ces quelques lignes de sa préface : « J'ai voulu étudier dans ses dernières conséquences la belle définition de Weierstrass de la fonction analytique. Systématiquement, méthodes et résultats n'empruntent rien aux points de vue de Cauchy et de Riemann. On verra comment on peut, en creusant simplement la définition du prolongement analytique, soit parvenir à des théorèmes importants par leur généralité, soit éclairer d'un jour nouveau des résultats anciens, comme par exemple le théorème de M. Picard. On verra aussi combien nombreuses et intéressantes sont les questions qu'on est amené à se poser. Elles sont d'ailleurs de celles qu'on ne peut pas indéfiniment éluder : la théorie analytique des équations différentielles, la théorie même des fonctions entières ont de plus en plus leur développement ultérieur lié au progrès des théories dont il est question ici. »

Au reste — et c'est un des principaux attraits de cette très vivante collection — l'ouvrage n'a pas le ton doctrinal qui convient à l'exposé des parties de la science que l'on peut regarder comme faites ; c'est bien plutôt, dans le domaine où il s'est placé, à la formation de la science qu'en toute liberté d'allure il nous initie. « On trouvera dans ce livre, dit l'auteur à la fin de son Introduction, plus de questions signalées que de questions résolues. On ne doit pas s'en étonner, le sujet étant presque neuf. J'ai surtout voulu indiquer l'état de la question, les différentes directions suivies jusqu'ici et les difficultés auxquelles on se heurte. »

On sait qu'un des instruments qui interviennent aujourd'hui de la façon la plus essentielle dans les développements relatifs à la théorie des fonctions est constitué par la théorie des ensembles. Ainsi que l'auteur en fait la remarque, elle commence à devenir classique en France, grâce, en particulier, ajouterons-nous, au premier des volumes publié, en 1898, par M. Borel

lui-même dans sa Collection. Il n'en reste pas moins que, suivant le sujet abordé, il convient d'insister davantage sur tel ou tel des points de vue qu'offre cette théorie. C'est pourquoi déjà plusieurs des auteurs de la Collection ont été amenés à revenir, sous forme de prolégomènes, sur certains détails de cette théorie ; c'est pourquoi M. Zoretti est conduit à consacrer tout le premier chapitre de son livre aux ensembles de points, afin de mettre en évidence un certain nombre de leurs propriétés dont il a besoin par la suite et « qui ne figurent pas parmi celles qu'on peut considérer comme classiques ».

Abordant, au Chapitre II, la notion de fonction analytique, l'auteur y approfondit les considérations relatives aux points singuliers en faisant nettement saillir les difficultés très subtiles que présente leur étude, dans le cas de fonctions multiformes, en même temps que pressentir tout le parti qu'on peut attendre, pour vaincre ces difficultés, d'une connaissance plus avancée des propriétés des surfaces à infinité de feuillets que M. Poincaré a été amené à introduire en ce domaine en généralisant la conception classique de Riemann, relative aux fonctions algébriques.

Le Chapitre III, consacré aux fonctions entières, a pour objet principal une démonstration, uniquement fondée sur la notion du prolongement analytique, du théorème fondamental de Weierstrass généralisant celui de Liouville sur les séries entières convergentes dans tout le plan.

Au Chapitre IV, l'auteur étudie les ensembles parfaits discontinus de singularités qui se rencontrent notamment dans toute une catégorie des fonctions fuchsiennes de M. Poincaré. On sait, au reste, que ce sont les mémorables travaux de M. Painlevé sur les solutions à points critiques fixes des équations différentielles qui ont conduit cet éminent géomètre à se poser le problème de rechercher quelle peut être l'allure de la fonction dans le cas d'un ensemble discontinu de singularités. M. Zoretti rappelle les résultats obtenus par ce savant, sans oublier la contribution personnelle qu'il y a ajoutée pour sa part et montre, par un exemple frappant, dû à M. Pompeiu mais rendu entièrement probant à cet égard par M. Denjoy, le danger de généralisations trop hâtives auxquelles on pourrait se laisser conduire par certaines intuitions d'ordre géométrique. Et il insiste à cette occasion sur « la nécessité de considérer comme insuffisants les raisonnements de la théorie des fonctions où l'intuition de l'espace est invoquée sans qu'on démontre logiquement en partant

de la notion de nombre les théorèmes à énoncé géométrique sur lesquels on s'appuie ». C'est, au reste, M. Painlevé qui, le premier, avait fait ressortir, en ce domaine, l'insuffisance des démonstrations d'un caractère non exclusivement arithmétique.

Dans le Chapitre V, l'auteur, en s'inspirant surtout de la thèse de M. Painlevé, groupe les quelques résultats généraux obtenus jusqu'ici dans le cas des lignes singulières.

Le Chapitre VI est réservé à l'étude d'une catégorie particulièrement importante de fonctions multiformes, celles qui s'obtiennent par inversion de fonctions uniformes. L'auteur y utilise surtout les travaux de MM. Painlevé, Hurwitz, Denjoy et Boutroux, tout en faisant quelques réserves au sujet de certains résultats obtenus par ce dernier.

Une note finale a pour objet d'éclaircir par quelques exemples les délicates considérations présentées dans le corps de l'ouvrage au sujet de la notion de coupure.

Le livre de M. Zoretti, qui témoigne à la fois d'une science avancée et d'une remarquable pénétration d'esprit, continue dignement l'intéressante série que nous ont déjà value les leçons instituées par la fondation Peccot, et que M. Borel a eu l'heureuse inspiration, dont on ne saurait trop le louer, de mettre à la disposition de tout le public mathématique par l'intermédiaire de sa Collection.

M. O.

V

Systèmes cinématiques, par L. Crelier, Docteur ès-sciences, Professeur au Technicum de Bienne, Privat-Docent à l'Université de Berne (Ouvrage faisant partie de la Collection *Scientia*). 1 vol. petit in-8° de 100 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Ce petit ouvrage n'a pas la généralité que son titre pourrait faire supposer. Il se borne à l'étude des trajectoires de points et enveloppes de droites engendrées dans le mouvement d'un plan mobile Π' appliqué sur un plan fixe Π, ce mouvement étant réglé par la condition que deux éléments simples (droites ou points) du plan Π' restent constamment en contact (les points étant assimilés à des cercles de rayon nul) avec deux éléments également simples (droites, cercles ou points) du plan Π.

Convenons de rapporter le plan fixe Π à deux axes rectangu-

laires Ox et Oy, et, de même, le plan mobile Π' à deux axes rectangulaires $O'x'$ et $O'y'$. Appelons, en outre, sur le plan Π, Δ, une droite parallèle à Oy, Γ, un cercle ayant son centre sur Ox, et, sur le plan Π', P', un point marqué de l'axe $O'y'$ (1).

Dans les quatre premiers cas examinés par l'auteur, le premier des deux contacts réglant le mouvement est celui de l'axe $O'x'$ avec l'origine O ; dans les deux derniers, c'est celui de l'origine O' avec l'axe Ox.

Quant au second contact, il est, dans tous les cas, constitué par celui d'un point du plan Π' avec une ligne du plan Π, ce point et cette ligne se particularisant comme suit, dans chacun des six cas :

(I). . . .	Origine O'. . . .	Droite Δ,
(II). . . .	Point P'	Axe Ox,
(III). . . .	Point P'	Droite Δ,
(IV). . . .	Origine O'. . . .	Cercle Γ,
(V). . . .	Point P'	Axe Ox,
(VI). . . .	Point P'	Cercle Γ.

L'énoncé général qui précède permet d'embrasser d'un seul coup d'œil tout l'ensemble des problèmes traités par M. Crelier, si l'on ajoute que, dans chaque cas, ces problèmes ont pour objet la détermination de la base et de la roulante (terme substitué par l'auteur à celui de roulette, plus généralement employé) au moyen desquelles le mouvement peut être produit ; celle des trajectoires de points distribués sur certaines lignes simples (les axes $O'x'$ et $O'y'$, par exemple) du plan Π', ou même pris de façon quelconque sur ce plan ; celle des enveloppes de droites également choisies sur ce plan ; celle des enveloppes des tangentes simultanées aux trajectoires des divers points de certaines lignes prises sur ce plan ; etc.

Ces problèmes traités avec soin, et de façon très complète, par la géométrie analytique, mettent en évidence nombre d'élégantes propriétés de courbes algébriques classiques que l'on voit intervenir avec intérêt dans ces questions cinématiques.

Par un sentiment très louable et qui fait honneur à l'auteur, il a placé en tête de son petit livre le portrait du Colonel Mannheim, dans la lecture des ouvrages de qui il a puisé l'idée de

(1) Les notations ici employées, différentes de celles de l'auteur, ont pour but d'introduire plus d'unité dans la définition des divers cas et de mieux faire saisir leurs rapports.

ses propres recherches. Il convient toutefois de remarquer que sa méthode purement analytique ne s'inspire en rien de celle exclusivement synthétique dont ce distingué géomètre faisait usage, et, d'autre part, que les exemples cinématiques auxquels l'auteur s'est attaché étant tous empruntés à la théorie des systèmes invariables que domine la notion de centre instantané, c'est, non moins légitimement, sous les auspices de Chasles que le livre eût pu être placé.

M. O.

VI

Walther Ritz. Gesammelte Werke. Œuvres publiées par la Société suisse de Physique. Un vol. gr. in-8° de XXII-541 pp., avec portrait. Paris, Gauthier-Villars, 1911.

« La Société suisse de Physique a pris l'initiative de publier les œuvres de Walter Ritz, le jeune physicien mort le 7 juillet 1909, à l'âge de 31 ans.

» Elle ne s'est pas proposé seulement, en contribuant à faire connaître des travaux scientifiques d'une rare beauté, d'attirer encore une fois l'attention des mathématiciens et des physiciens sur l'œuvre d'un esprit d'élite. Mais elle est convaincue qu'en facilitant la diffusion d'idées nouvelles et hardies elle favorise les progrès de la science. Beaucoup d'entre elles, même celles qui ont dès à présent prouvé leur fécondité, ouvrent des voies nouvelles et réclament des continuateurs. Nous souhaitons que cette publication (1) contribue à les susciter (2). »

En tête de ce précieux recueil, M. Pierre Weiss, Professeur de Physique à l'École polytechnique fédérale de Zurich, a placé une courte biographie de W. Ritz et un aperçu sommaire de son œuvre.

Walter Ritz naquit le 22 février 1878 à Sion (Valais). Il fit sans effort de bonnes études au Lycée communal de sa ville natale et entra, en 1897, à l'École polytechnique de Zurich pour s'y préparer à la carrière d'ingénieur. Les études techniques ne satisfirent qu'à demi son esprit épris d'absolu. Aussi quand, en

(1) « Nous publions chacun des mémoires dans la langue où il a été écrit. »
(2) Avertissement, III.

1900, une pleurésie mal guérie l'oblige de fuir le climat humide de Zurich, il cède à son attrait pour la science pure et va à Gœttingue chercher un régime intellectuel plus conforme à ses goûts. L'enseignement de Hilbert et celui de Voigt surtout eurent une influence durable sur sa formation scientifique. C'est ce dernier qui reçut sa thèse sur la *Théorie des spectres en séries*, le 19 décembre 1902.

Attiré par H.-A. Lorentz et déjà préoccupé des problèmes électrodynamiques, Ritz passe à Leyde l'été de 1903; il achève cette année à Bonn, où il découvre une raie du spectre du potassium que les formules de sa thèse lui avaient fait prévoir; il se rend de là à Paris, où A. Cotton lui ouvre son laboratoire de l'École Normale.

A partir de l'hiver 1904, les soins qu'exige sa santé, gravement compromise, rendent sa vie douloureusement tragique. On en vint, en 1905, à lui interdire de travailler plus d'un quart d'heure par jour, « prescription qu'il s'efforça vainement de suivre, écrit M. Weiss, parce que c'est de cette époque que datent ses idées nouvelles sur l'électrodynamique ». Aux espérances, aux émotions, aux joies de la science se mêle cette hésitation angoissante : sacrifiera-t-il le travail au désir de guérir, ou dépensera-t-il sans compter ce qui lui reste de forces pour conserver plus sûrement à la science les idées qui hantent son cerveau? C'est à ce dernier parti qu'il s'arrête.

Il passe l'hiver de 1906-07 à Nice où il conçoit le mécanisme électromagnétique des raies spectrales. L'été de 1907, passé à Waldkirch, lui ayant apporté un peu de réconfort, il prend le chemin de Tubingue où il soumet à F. Paschen ses idées théoriques sur les spectres et reçoit la primeur de mesures qui apportaient à sa théorie de nombreuses et éclatantes confirmations.

En 1908, nous le retrouvons à Gœttingue où il achève la plupart des travaux commencés, notamment son beau travail sur le problème des plaques vibrantes et les figures de Chladni. M. H. Poincaré, de passage en cette ville, voulut le voir et lui annonça l'intention qu'avait l'Académie des Sciences de lui décerner un prix pour ses travaux. Le prix Lecomte lui fut, en effet, attribué; mais, hélas! il n'était plus là pour en jouir.

Son habilitation comme privat-docent à l'université de Gœttingue fut son dernier succès. C'est le 5 mars 1909 qu'il fit sa leçon inaugurale; quatre mois plus tard il n'était plus. Le jour même de sa mort, il disait à la sœur qui le veillait : « Soignez-

moi bien, ma sœur, il est si nécessaire que je vive encore quelques années pour la science ».

C'est à l'étude de la constitution des spectres que W. Ritz consacra ses premiers travaux.

Nous savons aujourd'hui qu'un spectre est un assemblage ordonné de séries de raies pouvant prédominer tour à tour au gré des circonstances extérieures. Cette conquête est le fruit de recherches laborieuses et délicates dont les plus importantes sont dues à Balmer, Kayser et Runge, à Rydberg et à Ritz. Les premiers ont cherché surtout à représenter les séries de raies par des formules empiriques serrant, d'aussi près que possible, les faits d'observation. Ritz n'a pas seulement perfectionné ces formules, il nous a appris à *combiner*, de façon très simple, celles qui concernent les diverses séries du spectre d'un même corps, pour obtenir de nouvelles séries. En allant jusqu'au bout de la voie où il s'était engagé, il a abordé avec succès l'interprétation physique de ces formules et posé les bases d'une théorie électromagnétique de la constitution des atomes dans les sources de lumière, théorie dont il s'est heureusement servi pour triompher des difficultés que soulèvent certaines particularités déconcertantes du phénomène de Zeeman.

Avant d'arriver à la conception de ces systèmes atomiques dont l'énergie est purement électromagnétique, Ritz, dans sa thèse, marchant sur les pas de ses devanciers, avait cherché à appliquer aux vibrations dont les sources lumineuses sont le siège, les équations des vibrations élastiques ordinaires. Cette tentative l'avait conduit à des formules meilleures que celles de ses prédécesseurs, mais en recourant à des hypothèses physiques trop peu vraisemblables pour ne pas imposer la nécessité de chercher autre chose. L'ingéniosité mathématique qu'il dut déployer à propos de ces vibrations élastiques n'en porta pas moins de très heureux fruits dans le développement de méthodes nouvelles de calcul qui lui sont personnelles, bien qu'inspirées par l'enseignement d'Hilbert ; elles rendent abordables au calcul numérique rapide, nombre de problèmes dépendant des équations aux dérivées partielles et qui longtemps avaient offert des difficultés insurmontables.

Voici l'appréciation de M. Henri Poincaré sur cette partie de l'œuvre de Ritz.

« Les problèmes de Physique mathématique se ramènent presque tous à un type commun. C'est le mérite de Fredholm

d'avoir trouvé une méthode générale et rigoureuse qui leur est applicable à tous. Elle consiste en dernière analyse à traiter les équations intégrales et différentielles linéaires comme un système d'une infinité d'équations du premier degré à une infinité d'inconnues. La solution se présente ainsi comme le quotient de deux expressions analogues à des déterminants.

» Ces déterminants se présentent eux-mêmes sous la forme de séries ; le premier terme de chacune de ces séries est une intégrale simple, le second une intégrale double et ainsi de suite. Bien que les séries soient extrêmement convergentes, bien que la loi de formation des termes soit élégante et simple, il en résulte pour le calcul numérique des difficultés presque insurmontables. Aussi la méthode de Fredholm, excellente pour démontrer rigoureusement la possibilité du problème, ce qui était considéré naguère comme extrêmement difficile, excellente peut-être aussi pour découvrir certaines propriétés analytiques de la solution, quoique à cet égard elle n'ait pas encore fait ses preuves, n'a pas encore été employée pour le calcul numérique et ne paraît pas devoir l'être sous sa forme actuelle.

» La méthode de Ritz se prête mieux au calcul numérique. Elle consiste à représenter la solution comme une somme de termes d'une forme donnée affectés de coefficients indéterminés, et à déterminer ces coefficients par la méthode des moindres carrés.

» C'est une méthode d'ingénieur ; seulement Ritz est parvenu dans deux cas, celui du problème de Dirichlet et celui de l'élasticité, à montrer d'une façon tout à fait rigoureuse qu'en prenant un nombre suffisamment grand de termes, on peut approcher autant qu'on le veut de la solution exacte. Il a montré aussi qu'elles étaient les propriétés essentielles de cette solution, telles qu'elles étaient déjà connues par la méthode de Fredholm.

» Les mêmes procédés de démonstration seraient-ils applicables à tous les problèmes analogues et, par exemple, aux problèmes de Fourier ? Ritz le croyait, je le crois aussi, mais le temps lui a manqué pour le vérifier. »

Ritz a consacré trois mémoires à cette méthode et aux résultats qu'elle lui a donnés. Le troisième de ces mémoires contient la théorie des vibrations d'une plaque carrée à bords libres. Il écrivait, le 15 décembre 1908 : « La théorie des figures de Chladni va être pour ma méthode une bonne occasion de montrer ces qualités. Je trouve un résultat remarquablement simple : soit $u_m(x)$ la déformation d'une verge vibrante à extré-

mités libres ($m^{ième}$ harmonique), de même longueur que le côté de la plaque carrée vibrante; eh bien! toutes les vibrations de celle-ci sont, à quelques pour cent près, données par les expressions :

$$u_m(x)u_n(y) + u_m(y)u_n(x); \quad u_m(x)u_n(y) - u_m(y)u_n(x)$$

(x, y, parallèles aux côtés du carré). J'ai calculé pour $m = 0, 1, 2$; $n = 1, 2, \ldots$ les approximations supérieures à $\frac{1}{3000}$ près, cela concorde très bien avec les expériences les plus précises; et je donnerai, pour la première fois, la série des figures exactes de Chladni jusqu'au 30ième harmonique!! Cela m'a fatigué, mais il n'y a aucun rapport entre la fatigue et la célébrité de ce problème resté insoluble malgré tant d'efforts. »

Le troisième groupe des travaux de Ritz a pour objet les lois de l'Électrodynamique générale et de l'optique.

« Il s'était proposé, dit M. P. Weiss, d'écrire d'abord une étude critique montrant l'insuffisance des théories antérieures et de faire ensuite la synthèse d'une électrodynamique nouvelle comprenant l'optique. La partie critique seule est achevée. C'est elle qui fait l'objet principal de l'important Mémoire publié en février 1908 aux Annales de Chimie et de Physique qui contient en outre, à titre d'acheminement vers la synthèse, la délimitation de l'ensemble des lois élémentaires possibles pour l'action mutuelle de deux électrons. Il a donné un exposé plus condensé de sa pensée aux Archives des Sciences physiques et naturelles et dans deux articles de Philosophie scientifique : *Du rôle de l'éther en physique* et *La gravitation* publiés dans la Revue Scientia... Dans sa théorie, l'action élémentaire entre deux électrons, par un retour imprévu au point de vue Newtonien et à celui de W. Weber, ne dépend que de la distance, des vitesses relatives et des accélérations. Ritz conserve la constance de la masse, rendant les forces infinies pour la vitesse limite... Cette conception des choses est-elle réellement féconde? Il n'a pu en fournir la preuve, mais il avait la ferme conviction qu'il y réussirait. »

Voici les titres des mémoires qui forment les œuvres de Ritz, avec l'indication des Recueils d'où on les a repris :

1. *Zur Theorie der Serienspektren*. Inaug.-Dissertation. Ann. der Physik, XII, 1903, 264.

II. *Zur Theorie der Serienspektren.* Phys. Zeitschr., IV, 1903, n° 14, 406-408.

III. *Über das Spektrum von Kalium.* Ann. d. Physik, XII, 1903, 444-446.

IV. *Sur la photographie des rayons infra-rouges.* Comptes rendus de l'Acad. d. sc., CXLIII, 1906, 167-169.

V et VI. *Sur l'origine des spectres en séries.* Ibid., CXLIV, 1907, 634-636; CXLV, 1907, 178-180.

VII. *Magnetische Atomfelder und Serienspektren.* Ann. d. Physik, XXV, 1908, 660-696.

VIII. *Über die Spektren der Alkalien.* Phys. Zeitschr., IX, 1908, n° 8. 244-245.

IX. *Über ein neues Gesetz der Serienspektren.* Ibid., IX, 1908, n° 16, 521-529.

X. *On a new Law of series spectra.* Astrophys. Journ., XXVIII, 1900, n° 3, 237-243.

XI. *Les spectres de lignes et la constitution des atomes.* Revue gén. des Sciences, XX, 1909, 171-175.

XII. *Über einige anomale Zeeman-Effekte in Spektrum von Thorium.* Phys. Zeitschr., X, 1909, n° 9, 307-308.

XIII. *Series in the Barium spectrum.* Astrophys. Journ., XXIX, 1909, 243.

XIV. *Plaques pour la photographie du spectre infra-rouge.* D'après le cahier de laboratoire de Ritz, par S. Cotton et P. Weiss.

XV. *Über eine neue Methode zur Losung gewisser Variationsprobleme der Mathematischen Physik.* Journ. für die reine und angewandt Mathem., CXXXV, 1908, H. 1, 1-61. Habilitations-schrift.

XVI. *Über eine neue Methode zur Lösung gewisser Randwertaufgaben.* Göttinger Nachrichten, math.-physik. Klasse, 16 mai 1908, 236-248.

XVII. *Theorie der Transversalschwingungen einer quadratischen Platte mit freien Rändern.* Ann. d. Physik, XXVIII, 1909, 737-786.

XVIII. *Recherches critiques sur l'électrodynamique générale.* Ann. de Chimie et de Physique, 8e série, XIII, 1908, 145-275.

XIX. *Recherches critiques sur les théories électrodynamiques de Cl. Maxwell et de H.-A. Lorentz.* Archives des Sciences physiques et naturelles, 4e période, XXVI, 1908, 209-236.

XX. *Du rôle de l'Éther en Physique,* Scientia, III, 1908, n° 6.

XXI et XXII. *Die Gravitation.* Ibid , V, 1909, n° 10. *La Gravitation,* traduction par l'auteur, Ibid.

XXIII. *Über die Grundlagen der Elektrodynamik und die Theorie der schwarzen Strahlung.* Phys. Zeitschr., IX, 1908, 903-907.

XXIV. *Zum gegenwartigen Stand des Strahlungsbroblems.* Phys. Zeitschr., IX, 1908, 903-907.

XXIV. *Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems.* Ibid., X, 1909, 224-225.

XXV. *Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems,* von W. Ritz und A. Einstein. Ibid., X, 1909, 323-324.

XXVI. *Das Prinzip der Relativität in der Optik.* Antrittsrede zur Habilitation.

XXVII. *Extraits de lettres sur la rotation du plan de polarisation. l'absorption, les spectres en séries.*

XXVIII. *Spectres de bandes,* d'après quelques notes manuscrites de Ritz et une conversation. Par P. Weiss.

N. N.

VII

L'Astronomie. Évolution des idées et des méthodes, par G. Bigourdan, Membre de l'Institut, Astronome à l'Observatoire de Paris. — Paris, Ernest Flammarion, 1911. Un vol. in-12 de VII-399 pages (1).

Le titre de l'ouvrage exprime fort bien le but de l'auteur, qui ne cherche pas à nous donner un traité élémentaire d'astronomie, moins encore un manuel résumant l'histoire de cette science. Le lecteur est supposé posséder ces notions. Il y aurait évidemment quelque ridicule à parler de l'évolution des idées et des méthodes d'une science, à un interlocuteur qui ne connaîtrait pas les premiers principes de cette science ; mais à l'occasion de l'évolution des idées et des méthodes en astronomie on pourrait parfaitement se livrer à des recherches et des discussions historiques. M. Bigourdan a préféré agir autrement. Il admet les faits comme prouvés et en tire les conséquences. Astronome de profession, membre de l'Institut, il jouit aussi d'une réputation d'historien d'excellent aloi. Si j'écrivais ici pour les historiens de métier, je le chicanerais cependant sur l'un ou l'autre point de détail ; mais ce serait peut-être m'exposer à déprécier, dans l'esprit de quelques lecteurs, un ouvrage somme toute excellent, et dont mes critiques ne modifieraient aucune conclusion importante. Voici le plan suivi :

Livre I. — Les origines de l'astronomie. Ch. 1. Les premières observations célestes ; Ch. 2. Les planètes et le zodiaque ; Ch. 3. L'Astrologie, son influence capitale sur le développement de l'Astronomie ; Ch. 4. Les anciennes cosmogonies.

Livre II. — La mesure du temps et le calendrier. Chap. 1. Les grandes divisions du temps : année, mois, décade et semaine. Ch. 2. Le calendrier ; Ch. 3. Histoire de l'heure (du gnomon au chronomètre).

Livre III. — Les instruments et les moyens d'observation. Ch. 1. Les instruments primitifs ; Ch. 2. Les instruments de la période Alexandrine ; Ch. 3. Les instruments du moyen âge et du commencement des temps modernes ; Ch. 4. L'invention et les perfectionnements des lunettes ; Ch. 5. Les micromètres ;

(1) Ce volume fait partie de la collection intitulée : Bibliothèque de philosophie scientifique.

Ch. 6. Application des lunettes et des micromètres au quart de cercle. Instruments modernes.

Livre IV. — La forme et la grandeur de la terre. Ses premières représentations. Ch. 1. La forme et la grandeur de la Terre d'après les anciens ; Ch. 2. Les premières mesures de la Terre d'Ératosthène aux Arabes ; Ch. 3. Représentation de la Terre. Les premières cartes géographiques ; Ch. 4. Le problème des longitudes ; Ch. 5. Les premières mesures de la Terre chez les modernes. Les méthodes ; Ch. 6. La grandeur et la figure de la Terre au XVIIIe siècle, d'après la méthode géométrique ; Ch. 7. Les mesures géodésiques du XIXe siècle. Méthodes modernes ; Ch. 8. La figure de la Terre, d'après la méthode dynanique ; Ch. 9. Mouvements divers de l'axe de la Terre.

Livre V. — Astronomie mathématique ou de position. Ch. 1. Apparition de l'Astronomie mathématique en Chaldée. Son avortement ; Ch. 2. Naissance de l'Astronomie mathématique en Grèce ; Ch. 3. L'Astronomie mathématique chez les Grecs de la période Alexandrine ; Ch. 4. L'Astronomie mathématique au Moyen Age. Astronomie romaine. Astronomie arabe ; Ch. 5. Renaissance de l'Astronomie mathématique en Occident, jusqu'à Copernic ; Ch. 6. La découverte des lois de Kepler ; Ch. 7. Découverte de la gravitation, base de l'Astronomie mathématique moderne ; Ch. 8. Les dimensions du système solaire.

L'ouvrage de M. Bigourdan est enrichi de 50 illustrations, dont plusieurs reproduisent des gravures, ou même parfois une page fac-simile, d'ouvrages célèbres : telle la première édition du *De Revolutionibus Orbium Cœlestium* de Copernic, par exemple.

Un bon point enfin, pour la manière toute objective et vraiment impartiale dont, à la page 330, est rappelée la condamnation de Galilée et les polémiques qu'elle souleva.

H. B.

VIII

Petit traité d'astronomie pratique, par le C^l Ch. Henrionnet, à l'usage de l'astronome amateur, avec une préface de C. Flammarion. — Une broch. in-8° de 49 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Le contenu de cette brochure répond mal à son titre. On y trouvera des conseils et des renseignements pratiques puisés

dans l'expérience personnelle de l'auteur, et destinés à guider les premiers pas de l'astronome amateur. Voici les principaux. « D'abord, il est indispensable d'étudier le ciel, comme les sages antiques l'étudièrent, c'est-à-dire sans livres, sans instruments, de se familiariser avec les astres les plus brillants, d'apprendre à distinguer de suite les constellations qui ne peuvent échapper à l'attention comme les Pléiades, Orion, la Grande Ourse ». Après quoi on lira les livres de M. Flammarion, « aucun autre ne saurait les égaler pour le penseur, pour le *philosophe astronome* ». En même temps, on s'armera « d'une jumelle sérieuse, d'une certaine force ». Quant « à la lunette astronomique qui suivra... un 108 vaut mieux qu'un 95, un 95 qu'un 81, ... qu'un 57 ». « Le premier soin, dès qu'on a un instrument, c'est d'étudier toutes les fenêtres de son appartement, de connaître sans broncher la direction exacte de chacune d'elles, et cela avec une petite boussole. Puis de rechercher celle qui est le mieux exposée au midi et qui a l'horizon le plus découvert. C'est là qu'on fera les observations les plus intéressantes... » Suivent quelques « détails pratiques de l'observateur » et des renseignements utiles sur le parti que l'on peut tirer d'une lunette de 108 mm. d'ouverture. Enfin, si l'on a pris goût « aux choses du ciel », si l'on est « fervent », on lira la brochure de M. E. Amigues, *A travers le ciel*. Prix 60 centimes. « Ouvrage très simple, très bien conçu et où est mentionné, plutôt sommairement, tout ce qu'un amateur *peut espérer saisir* de mécanique céleste. »

M. C. Flammarion trouve ce programme admirable et est « particulièrement heureux de présenter ce manuel au lecteur ».

E. O.

IX

Université de Gand. Annuaire météorologique de la Station de géographie mathématique, année météorologique, mars 1910-février 1911, publié par les soins de L. N. Vandevyver, professeur à l'Université de Gand, Directeur de la Station. — Roulers, J. De Meester, 1911.

Ce volume est le quatrième d'une collection dont nos lecteurs connaissent la valeur et l'intérêt. Il résume, en tableaux et en diagrammes, l'ensemble des observations faites au cours de

l'année météorologique (1 mars 1910-28 février 1911). On y a joint un parallèle entre les résultats obtenus pendant les trois années antérieures et ceux qui sont consignés dans la présente publication.

Deux notices scientifiques terminent le volume.

La première est consacrée à la *Mesure de la pression du vent*, à l'aide d'un appareil nouveau imaginé par M. Vandevyver. Le principe est celui des anémomètres mesureurs de pression : un tube manométrique est orienté, l'ouverture face au vent, par une girouette d'une construction spéciale ; mais le mode de transmission des pressions à l'enregistreur, et les précautions prises pour assurer la sensibilité de l'appareil et son fonctionnement régulier en font une application originale qui promet d'excellents résultats. Cet anémomètre a été breveté et est construit en France par la maison Richard, rue Mélingue, 25, Paris.

La seconde notice a pour titre *Prisme à trois positions pour salle magnétique*. Elle décrit une disposition ingénieuse permettant de lire, grâce au jeu d'un prisme à réflexion totale dressé sur un plateau mobile, le déclinomètre, le bifilaire et la balance magnétique, à l'aide d'une seule lunette et sans que l'observateur ait à se déplacer. On réalise ainsi une économie d'argent et on gagne du temps.

J. T.

X

Où sommes-nous ? par l'abbé Moreux, directeur de l'Observatoire de Bourges. Un vol. in-8° de 95 pages. — Paris, 5, rue Bayart.

« Grand roi, cesse de vaincre ou je cesse d'écrire », disait Boileau à Louis XIV. Ce n'était là qu'une boutade de courtisan ; mais elle relevait de cette pensée qu'il est parfois malaisé de suivre à la course une activité qui se développe incessamment ; et tel est un peu, toutes proportions gardées, notre cas vis-à-vis des écrits, d'ailleurs toujours attachants, qui se succèdent sans cesse sous la plume infatigable du savant abbé Moreux.

A peine avions-nous envoyé au présent recueil l'analyse de *Quelques heures dans le ciel*, que nous recevions une nouvelle publication astronomique illustrée du même auteur. A la vérité, celui-ci la faisait pressentir à la fin de cette dernière étude,

laquelle se termine par un bref examen de la question *Où sommes-nous ?*

Or, le nouvel écrit que nous présentons aujourd'hui à nos lecteurs, est le développement suffisamment étendu de la réponse à la dite question, laquelle forme le titre du nouvel ouvrage. En fait, celui-ci forme le troisième terme d'une « quadrilogie », s'il est permis d'employer cette expression peu usuelle, dont nous avons déjà analysé ici-même le premier (1) et le second termes (2).

On comprend sans peine que la question concerne ici le globe qui nous porte. Quelle place occupe-t-il dans les immensités spatiales ? Question angoissante, si l'on compare la minuscule étendue de ce globe comparativement aux autres sphères célestes et surtout par le rapport aux effroyables distances qui le séparent d'elles.

C'est là le départ d'une exposition nouvelle, et sur un plan tout différent de *Quelques heures dans le ciel* ; départ de ce que l'on pourrait appeler la « géographie du ciel », en débutant par celle, plus particulière, de notre système solaire.

L'auteur commence par se transporter en pensée, à l'aide de son télescope, dans la planète Mars. Elle lui fournit un bon poste pour observer la Terre à distance, en décrire philosophiquement autant que scientifiquement le rôle à travers l'espace comme dans la suite des temps. Il la considère ensuite en tant que planète, astre vieilli, se mouvant autour du Soleil ; il en décrit, avec figures à l'appui, la translation annuelle sur orbite elliptique à centres rapprochés la rotation diurne, l'inclinaison de son axe, les mouvements de mutation et de précession... ; il la montre enfin entraînée en des spirales indéfinies par la marche du Soleil, l'entraînant avec lui dans la direction de l'étoile Véga, de la constellation de la Lyre.

Passons sur la disposition et la description des planètes proprement dites, mais n'oublions pas, entre Mars et Jupiter, la légion des astéroïdes, ces minuscules planètes dont la plus grosse, Vesta (?) mesure à peine 700 kilomètres de diamètre, et dont il en est dont le diamètre ne dépasse pas 15 kilomètres. Ces astéroïdes entrecroisent leurs orbites dans une zone comprise entre celles des deux planètes susnommées et dont 550 millions de kilomètres (plus d'un demi-milliard !) mesurent la

(1) *D'où venons-nous ?* analysé ici-même, liv. de janvier 1910.
(2) *Qui sommes-nous ?* liv. de janvier 1911.

largeur. On compte aujourd'hui près de 900 de ces astres en miniature : c'est un ensemble de matériaux qui, d'après notre auteur, auraient pu constituer, en se réunissant, une planète de grosseur moyenne, mais qui en auraient été empêchés par l'influence perturbatrice du voisinage de Jupiter, sans qu'il soit besoin de supposer, comme on l'a fait, le bris en mille morceaux, par éclatement, d'une planète déjà formée.

Grâce à sa masse, et malgré sa densité relativement faible, Jupiter, soleil à l'origine, formait avec le Soleil principal une étoile double (peut-être, en y adjoignant Saturne, une étoile triple) ; il a dû, bien plus longtemps que la Terre, résister aux étreintes du froid absolu, et bien plus longtemps qu'elle briller de l'éclat d'un Soleil. N'est-on pas porté à se demander si, lorsque la grosse planète émettait autour d'elle une lumière et une chaleur propres, elle n'entretenait pas la vie sur ses 8 satellites, alors planètes de ce soleil secondaire, ou du moins sur quelques-uns d'entre eux ?

Aujourd'hui, soleil depuis peu éteint mais bien éteint, Jupiter en est peut-être au point où en était notre *Terra inanis et vacua*, lorsque la pellicule solide enveloppante était entourée d'une épaisse atmosphère comprenant toute sorte d'éléments et où les eaux n'étaient pas encore séparées d'avec les eaux. C'est du moins une hypothèse plausible.

Que peut bien représenter, aux origines, Saturne avec sa « couronne dorée » et ses dix lunes, au point de vue de son évolution en planète à la suite de son extinction comme étoile ? Il est sans doute plus difficile de le conjecturer vu l'extrême légèreté de cet astre dont la densité est comparable à celle que possède chez nous le liège flottant sur l'eau, vu aussi la persistance de son anneau qui n'est pas sans présenter quelqu'analogie, bien que probablement pour d'autres causes, avec l'anneau des astéroïdes se mouvant entre Mars et Jupiter.

Passons à la géographie des étoiles, ou, pour employer une formule moins imagée mais plus logique, faisons de l'*uranographie*. Elle n'est autre chose d'abord que le classement en constellations des 7647 étoiles visibles par une très bonne vue sans le secours d'instruments d'optique, et qui s'étendent de la première à la sixième grandeur. On les reconnaît soit en rattachant les unes aux autres les plus apparentes par la méthode des alignements, soit en déterminant leur position par ascension droite et déclinaison. Bientôt, par le concours simultané du télescope et de la photographie, la « géographie du ciel » com-

prendra non plus quelques *milliers* mais des *millions* d'étoiles, quand sera achevée la carte du Ciel en préparation dans les observatoires du monde entier.

Où sommes-nous parmi ces fourmilières de mondes ? C'est-à-dire, où peut bien se trouver notre pauvre petit globe obscur et minuscule parmi ces brillants seigneurs de la lumière dont les armées peuplent l'infini ? Plus particulièrement, où, parmi ces derniers, figure notre Soleil dont nous suivons la destinée ? Car qu'est-ce que les 37 millions de lieues (148 millions de kilomètres) qui nous séparent de lui, au regard des intervalles inimaginables qui s'étendent, comme nous le verrons, entre lui et les autres étoiles ?

Il faut d'abord, pour arriver à s'en faire une idée, rechercher quelles distances nous séparent des étoiles les plus proches, de celles que l'on peut considérer comme les compagnes de notre Soleil, les plus voisines parmi les moins éloignées. Ces soleils *voisins* du nôtre, formeraient avec lui un groupe de six cents étoiles environ, lequel groupe vu d'un éloignement suffisant représenterait sans doute un de ces amas stellaires comme les astronomes en observent dans les profondeurs du firmament.

De quelques-unes de ces étoiles *voisines* (tout est relatif), on a pu apprécier la distance (1) : elle se mesure en *années de lumière* (à 300 000 kilomètres par seconde) ou en milliards et centaines de millions de kilomètres. La plus rapprochée, α du Centaure, met environ 4 ans et 4 mois à nous envoyer sa lumière ; sa distance à notre Soleil est de 41 milliards et cent millions de kilomètres. L'étoile polaire, plus éloignée mais voisine encore, est séparée de nous par 449 milliards et 500 millions de kilomètres ; sa lumière effectue ce voyage en 46 ans et demi.

Des étoiles beaucoup plus lointaines on ne peut mesurer l'effroyable distance : notre base d'opération, le diamètre de l'orbite terrestre, est trop faible. Aussi cette distance est-elle censée infinie, bien que, si immense soit-elle, elle ne soit point infinie au sens précis et propre du terme.

Nous savons du moins que nous sommes dans cet amas ou groupe stellaire dont notre Soleil fait partie. Mais lui-même, ce groupe stellaire, où est-il parmi les innombrables phalanges sidérales ?

(1) L'auteur, par des procédés graphiques très simples, et à l'aide des premières notions de la géométrie élémentaire, fait comprendre aux esprits les moins préparés comment se calculent les parallaxes solaire et stellaire.

Avant de nous livrer à cette recherche, observons que l'élément *distance* n'est pas le seul intéressant la question qui nous occupe ; l'*âge* des étoiles y a aussi son importance. Cet âge, au moins relatif, a pu être déterminé par la spectroscopie ; M. Moreux, sous ce titre *Révélations de la lumière*, donne, avec force images spectrales à l'appui, un précis très clair de cette nouvelle branche de la science qui permet de déterminer chimiquement la composition des substances dont sont formées les étoiles. La couleur en varie suivant qu'elles sont plus ou moins avancées dans leur évolution à partir de leur naissance sous forme de sphère nébulaire ; au stade de plein développement — exemples : Sirius, Véga, Altaïr — l'astre émet des rayons voisins du violet et nous apparaît sous un aspect blanc-bleuâtre, le spectre y montre les raies de l'hydrogène larges et accentuées, preuve de l'existence d'une puissante atmosphère : tout y est à l'état de dissociation. Par la suite des centaines ou des milliers de siècles, le froid spatial abaisse ces températures inimaginables ; des combinaisons deviennent possibles entre certains des éléments en présence, les raies de l'hydrogène s'affaiblissent, la lumière prend une teinte jaune ; c'est le cas des astres vieillissants, dont fait partie notre Soleil. Plus tard — mais dans combien de milliers de siècles ou de millions d'années ? — il se refroidira davantage, son spectre passera du jaune à l'orangé, puis au rouge, symptôme d'une extinction prochaine.

Ainsi l'histoire de la naissance, du développement, du déclin et de la décadence des astres est écrite dans le Ciel, et l'auteur en tire une magnifique démonstration de l'existence d'une cause à ces naissances, à ces vies et à ces extinctions de multitudes de mondes. « Ni la physique ni la mécanique, dit-il, ne sauraient s'accommoder de ce cycle de transformations qui se succéderaient dans le même ordre indéfiniment », imaginé par de « pauvres vulgarisateurs » cherchant à éliminer Dieu de la création.

« Si ces théories inventées pour les besoins de la cause vous suffisent, leur déclare-t-il, soit ; mais ne venez pas me dire que la science sait se passer d'une cause première et que, sans elle, vous pouvez tout expliquer (1). »

La place que le Soleil avec son cortège occupe dans cet ensemble est déterminable en raison de la structure de l'Univers, dont la *voie lactée* semble être la profondeur. Après les travaux des deux Herschel, de Struve, de Proctor, de Seeliger, dont les

(1) Chap, VIII : *L'âge des étoiles.*

minutieuses observations ont successivement éclairé la question, M. l'abbé Moreux propose, lui aussi, sa théorie.

Il part de ce fait que les étoiles disséminées dans l'espace céleste sont d'autant plus nombreuses, comme Proctor l'a établi, que l'on s'approche davantage de la voie lactée et au contraire de plus en plus rares à mesure qu'on s'en éloigne. A l'inverse, les nébuleuses non résolubles, cette matière première des mondes futurs, nombreuses vers les pôles du cercle galactique, deviennent de plus en plus rares à mesure que l'on se rapproche de ce cercle lui-même.

A l'origine toute la matière dont devait se former l'univers visible, réduite à un état de dilution extrême, était répandue en un volume immense, de forme à peu près sphérique. Comme il a été expliqué déjà dans *D'où venons-nous ?*, « l'étude des lois mécaniques montre qu'un aplatissement s'en est suivi ». Dans cette nébuleuse primitive, mère et génératrice de toutes les autres, il n'y avait pas de condensation centrale unique, mais en plus ou moins grand nombre, des amas distincts se groupant près du centre avec tendance à la formation d'un anneau analogue, sur une échelle incomparablement plus vaste, à celui qui, dans le système de cosmogonie solaire du colonel du Ligondès, aurait ultérieurement donné naissance, dans la nébuleuse solaire, à la planète Jupiter ; et la résistance des matériaux aurait amené peu à peu « une forme vaguement spiraloïde » avec « globules brillants ». Mais ces « globules » (de dimensions encore incalculables), parties séparées de la nébuleuse génératrice, sont devenues des nébuleuses filiales d'où sont résultés « des amas gigantesques d'étoiles de toutes sortes », et « l'amas dont fait partie notre Soleil serait peu éloigné du centre ».

Où nous sommes par rapport à l'immensité sidérale, ce serait donc à peu près vers le centre de cette immensité, laquelle n'est point infinie au sens précis et rigoureux du mot, ce qui serait un non-sens, une absurdité aussi, bien philosophiquement que mathématiquement (1).

Qu'il n'y ait pas de nombre déterminé et concret qui soit infini, c'est une vérité de sens commun que confirme l'observation en matière astronomique. Si le nombre des étoiles augmente progressivement à mesure que leur éclat diminue, cette progression n'est pas indéfinie. Au delà de la 18e grandeur, la

(1) « L'infini mathématique n'est, en réalité, que l'indéfini, l'indéterminé ». (Abbé Moreux, *loc. cit.*, chap. X).

plaque photographique, malgré des poses prolongées, n'enregistre plus que de rares étoiles; si bien que, selon toute probabilité, il n'en existe plus au delà. En existât-il d'autres, cela ne prouverait rien; il faut toujours que, un peu plus ou un peu moins loin, se rencontre la limite.

Toutes contingences sont finies. Dieu seul est infini.

L'auteur fait ressortir cette vérité autant par raisonnement direct qu'en s'appuyant sur les travaux de savants comme Tannery, Isaac Roberts, Miss Clarke, Newcomb.

Nous avouons toutefois goûter moins le raisonnement de Miss Clarke, d'après lequel, si l'on suppose les étoiles innombrables, il en résulterait une somme de radiations sans limites, par laquelle l'obscurité serait bannie des cieux. Car, des millions d'étoiles existantes, quelques milliers seulement fournissent une lumière appréciable à nos yeux ; au delà des millions visibles à l'aide des lunettes et des télescopes, il en est qui n'impressionnent que la plaque photographique ; il pourrait donc y avoir encore au delà, des étoiles dont la lumière ne parviendrait pas jusqu'à nous et ne produisant donc pas cette illumination générale « par laquelle l'obscurité serait bannie des cieux ».

Mais ce n'est là qu'un détail sans importance. Que l'univers ait commencé, qu'il doive finir, qu'il soit limité dans son immensurable immensité, c'est ce que la science elle-même démontre à quiconque veut se servir de ses yeux pour voir.

Revenons à l'objet même de cet article : le lieu de l'espace où nous sommes serait donc au voisinage du centre de l'univers. Mais il est constaté que le Soleil ne demeure pas en place et qu'il se dirige avec une extrême rapidité (19 kilomètres par seconde), nous et pareillement avec lui, vers un point appelé *apex*, non loin de l'étoile Véga. Ainsi depuis des millions d'années qu'il circule autour de son seigneur et maître, notre globe n'a jamais repassé par le même lieu. Toutes les étoiles sont pareillement en mouvement. Où cela nous conduit-il ? *Où allons-nous,* par conséquent ?

La recherche d'une réponse satisfaisante à cette question, dernier terme de la « quadrilogie », sera l'objet d'une prochaine publication de l'infatigable astronome vulgarisateur.

C. de Kirwan.

XI

L'Assaut du Pôle sud, par l'abbé Th. Moreux, Directeur de l'Observatoire de Bourges, in-12 de 223 p. — Paris, Jouve, 1911.

Nos lecteurs n'ont pas oublié les deux importants articles que M. l'abbé Moreux a publiés, sous ce titre, dans les livraisons d'avril et de juillet 1910 de ce recueil. Nous n'avons donc pas à leur en donner l'analyse ; mais il est intéressant de leur signaler les améliorations que les exposés de l'auteur ont subi sous cette nouvelle forme.

Une introduction d'une vingtaine de pages y a été ajoutée sous cette rubrique : « Chapitre I er : Pourquoi aller aux pôles », dans laquelle l'auteur fait ressortir l'importance d'une connaissance complète de la topographie et de l'hydrographie polaires, pour arriver à une détermination rigoureuse de la forme exacte du sphéroïde terrestre, et le concours précieux qu'elle apporterait à presque toutes les sciences.

L'avantage très appréciable de cette reproduction est sa répartition du texte en chapitres, au nombre de XVII, munis chacun d'un titre indiquant la portion du sujet qui y est traité. Une telle disposition aide à fixer l'attention en même temps qu'elle la repose, et ajoute au charme de la lecture.

Enfin un grand nombre de gravures traçant la carte du Pôle sud à différentes époques et des vues obtenues par le Dr Jean Charcot, durant la dernière expédition du *Pourquoi pas ?* achèvent de donner à cet élégant volume une valeur de nouveauté que tout lecteur appréciera.

Ch. de Kirwan.

XII

Œuvres choisies d'Émile Cheysson, tome I. Un vol. in-8° de VIII-319 pages, avec un portrait en héliogravure. — Paris, Arthur Rousseau, éditeur, 1911.

Nul n'a eu plus d'activité intellectuelle que Cheysson, mais nul aussi ne s'est plus dépensé de tous côtés ; aussi n'a-t-il jamais trouvé le temps de condenser en livres son œuvre écrite,

dont la bibliographie comprend 546 numéros. Le dernier de ces numéros, du reste, est un livre, mais un livre posthume, un recueil de poésies, car ce sociologue et cet ingénieur, qui publiquement s'était borné à donner quelques pièces de vers à l'Académie de Reims, au début de sa carrière (1869), avait continué à versifier suffisamment pour qu'on ait pu publier un recueil de 275 pages.

Aussitôt après sa mort (7 février 1910), quelques amis songèrent à publier un choix des écrits de Cheysson et ouvrirent à cet effet une souscription, mais avec la pensée, annoncée dès le début, d'en consacrer le reliquat à la fondation d'un prix, périodiquement distribué, conformément aux idées qu'il avait fait prévaloir lui-même quand, en des circonstances semblables, il s'était agi d'honorer la mémoire de son ami Georges Picot.

Cette souscription réussit pleinement ; mais, fidèles à la pensée première, les organisateurs décidèrent de ne publier que deux volumes d'assez modestes dimensions. Le premier, dont nous allons parler, comprend, avec une brève introduction signée des initiales de M. de Foville, une notice biographique, une bibliographie des œuvres de Cheysson, puis, occupant les deux tiers du volume, « quelques opuscules où c'est tantôt l'ingénieur qui parle, tantôt le statisticien, tantôt le monographe, élève et continuateur de Le Play ». « Dans le second volume, dit M. de Foville, c'est surtout la science sociale et l'amour du prochain qui se donnent carrière. »

La notice biographique n'est pas signée, mais M. de Foville nous apprend que c'est grâce à M. Frantz Funck-Brentano que les notes autobiographiques laissées par Cheysson ont pu être mises au point et complétées.

Cette notice est divisée en quatre parties, consacrées à la carrière de l'ingénieur, à l'action scientifique, à l'action sociale et aux dernières années.

Né à Nîmes le 18 mai 1836, Cheysson entra à l'École Polytechnique en 1854 et à celle des Ponts et Chaussées en 1856 ; pendant sa mission de deuxième année, au Havre, il fit substituer un radier courbe au radier plat, prévu pour la grande écluse des transatlantiques, de 30^{m},50 de largeur. Sa première résidence fut Reims (1859-1864), où il fut chargé d'un service de voirie, d'améliorations agricoles et de navigation. Ce qu'il y a à relever particulièrement dans cette première période, c'est l'exécution improvisée, au moyen d'ateliers composés de tisserands réduits au chômage par la guerre américaine de Sécession,

de l'infrastructure du chemin de fer de Reims au Camp de Châlons, ligne de 30 kilomètres de longueur qui fut plus tard incorporée dans celle de Reims à Metz. Malgré l'absence de mouvements de terrain importants (en dehors de la profonde tranchée de la Housse aux portes de Reims), le prix de revient kilométrique de 20.000 francs est exceptionnellement bas, et le jeune ingénieur mérita pleinement les félicitations du Conseil général des Ponts et Chaussées et du ministre des Travaux publics.

En 1864, Le Play, qui recrutait son personnel pour l'organisation de l'Exposition de 1867, enrôla Cheysson pour l'attacher au service des machines, dont il ne tarda pas à le nommer directeur. Cette collaboration avec Le Play exerça une influence décisive sur l'orientation de la vie de Cheysson. Notons qu'à ses fonctions de directeur du service des machines vint s'ajouter celle de directeur du contentieux. Il fut décoré de la Légion d'honneur lors de la cérémonie de la distribution des récompenses.

Après la clôture de l'Exposition, il fut chargé de la démolition des bâtiments et de la remise en état du Champ-de-Mars ; d'autre part, à partir de 1868, il fut attaché au secrétariat des Annales des Ponts et Chaussées, à la navigation de la Marne et au contrôle du chemin de fer de ceinture ; en outre, il créa à l'École des Ponts et Chaussées le cours de *Littérature administrative*, qui ne devait pas survivre à la guerre de 1870.

Pendant le siège de Paris, Cheysson fut chargé du service des moulins, et nous aurons à revenir sur ce sujet à l'occasion d'une conférence reproduite dans le premier volume. Le succès qu'il obtint, notamment dans le règlement des comptes, le fit attacher comme secrétaire-rapporteur à la commission chargée de liquider les opérations de la Commission d'armement.

Aussitôt achevée la liquidation du service des moulins (août 1871), Cheysson entra comme directeur à l'établissement du Creusot. C'est là qu'il put mesurer l'influence décisive de la femme sur les destinées de la famille et qu'il puisa ses convictions sur la nécessité de la formation ménagère et sociale de la femme, ainsi que de sa protection légale contre la séduction et de son maintien au foyer domestique. C'est là aussi qu'il comprit toute l'importance de l'habitation.

Intimement associé à l'œuvre d'Eugène Schneider, Cheysson fut douloureusement frappé par la retraite que dut prendre le *grand patron* ; en outre, la santé de sa première femme ne pou-

vait supporter le séjour au Creusot. Aussi donna-t-il sa démission en 1874.

Redevenu simple ingénieur ordinaire, il fut envoyé à Vernon où il était attaché au service de la navigation de la Seine ; il s'y distingua par quelques dispositifs ingénieux (échelle à poissons, manœuvre des aiguilles de grande hauteur). Puis il eut à dresser, sous la direction de de Lagrené, le projet d'amélioration de la Seine entre Paris et Rouen, avec mouillage de 3m,20. En 1876, il fut appelé à Paris, sans quitter le service de la navigation de la Seine ; mais, dès l'année suivante, il entrait au ministère comme *chef de la statistique et de l'économie générale des travaux publics* ; promu ingénieur en chef le 9 novembre 1877, il fut appelé par M. de Freycinet à la *Direction des cartes et plans* qu'il conserva jusqu'en 1884. Comme du cours de *Littérature administrative*, il fut l'unique titulaire de cette direction, mais il y fit preuve d'une grande activité : il fit reprendre le travail du *Nivellement général de la France*, l'ancienne œuvre de Bourdaloue étant dépassée dans les autres pays au point de vue de la précision ; il poursuivit la création d'une carte de France au 200 000, celle du ministère de la Guerre n'existant pas encore. Les résultats obtenus furent très remarquables ; mais, après la suppression de la direction, en 1884, le travail, remis à l'École des Ponts et Chaussées, ne marcha plus que lentement, et cette carte est restée inconnue du public, faute d'un éditeur en vain réclamé par Cheysson. Celui-ci avait aussi fait entreprendre la publication des tableaux statistiques, dits A et B, des cours d'eau non navigables ni flottables, mais, le service de ces cours d'eau ayant été transféré au ministère de l'Agriculture, le travail fut arrêté. Cheysson organisa aussi un atelier destiné à l'application des procédés de reproduction rapide et fonda un BULLETIN MENSUEL DE LÉGISLATION COMPARÉE DU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS et un *Album de statistique graphique*. L'atelier et l'album ont survécu à la direction et ont été confiés à l'École des Ponts et Chaussées ; mais le BULLETIN disparut en 1887.

Quand il ne fut plus directeur des *Cartes et plans*, Cheysson donna une nouvelle orientation à sa vie, tout en franchissant les derniers échelons de la hiérarchie : il fut nommé inspecteur général de deuxième classe en 1890 et inspecteur de première classe en 1898 ; mais il ne fit plus que faire partie de commissions : il présida celle du Nivellement général de la France et la sous-commission du travail du personnel des chemins de fer. Il fut en outre délégué à divers congrès internationaux et professa à l'École des Mines un cours sur lequel nous reviendrons.

Au point de vue de l'action scientifique, Cheysson a fait de nombreuses communications à la Société de statistique, et il a fait, à l'École des Ponts et Chaussées, une série de conférences sur la statistique des travaux publics. Mais il s'est surtout attaché à la *Monographie*, mise en honneur par son maître Le Play. D'autre part, la *statistique géométrique* devait fixer son attention.

Il collabora d'ailleurs à la création du *Conseil supérieur de statistique* et fit partie de l'*Institut international de statistique*, réorganisé en 1885 à Londres.

Il fut appelé à la présidence et de la *Société de Géographie* et de la *Société de Géographie commerciale*. Propriétaire de vignobles, dans le Beaujolais, il organisa la défense contre le phylloxera ; à la Société nationale d'agriculture, il fit, en 1902, un rapport retentissant sur les retraites ouvrières, où il se prononçait contre l'obligation, pour l'action libre de la mutualité, d'après la formule de la loi belge du 30 mai 1900. Il présida cette Société en 1903.

Mentionnons seulement son rôle actif dans la Commission du Cadastre, au Conseil de perfectionnement du Conservatoire des Arts et Métiers, à la *Commission du froid* et comme *Directeur des moulins et des usines frigorifiques du gouvernement militaire de Paris*, et enfin ses conférences à l'École supérieure de Guerre et son allocution comme président de l'assemblée générale, en 1904, de l'Association des anciens élèves de l'École polytechnique.

Au point de vue de l'action sociale, Cheysson débuta par des conférences, faites en 1877, dans le salon de l'abbé de Tourville, sur la famille, les ouvriers, les institutions patronales.

Lors de la suppression de la direction des cartes et plans, il obtint, comme compensation, du ministre Raynal, sa nomination à une chaire nouvelle d'économie industrielle à l'École des Mines, chaire qu'il refusa de quitter quand un autre ministre, M. Yves Guyot, lui offrit celle d'économie politique à l'École des Ponts et Chaussées et qu'il conserva vingt ans. Son enseignement constitua en réalité un cours d'économie sociale.

En 1887, Cheysson entra comme professeur d'économie politique à l'École libre des sciences politiques que dirigeait encore son fondateur M. Boutmy ; puis, en 1901, il obtint de l'échanger contre une nouvelle chaire d'économie sociale. Nous ne pouvons que mentionner les conférences et congrès où s'est aussi dépensé son zèle social. Quant aux associations auxquelles il a prêté son concours, nommons seulement la *Ligue populaire pour le repos*

du dimanche, la *Société française des habitations à bon marché*, l'*Œuvre centrale du patronage des libérés*, la *Ligue nationale contre l'alcoolisme*, le *Musée social*, l'*Alliance d'hygiène sociale*, la *Société d'économie sociale*, issue de l'œuvre de Le Play.

En 1901, Cheysson avait été élu membre de l'Académie des sciences morales et politiques, aux travaux de laquelle il prit la part la plus active, et sa retraite administrative, qui précéda sa mort de deux ans, ne changea rien à son existence. C'est en Suisse, sur les hauteurs de Leysin, le 7 février 1910, qu'il mourut, comme il avait vécu, avec la simplicité et la tranquillité du chrétien.

Nous nous sommes trop étendu sur la partie biographique pour que nous puissions nous arrêter autant qu'elles le mériteraient sur les études qui complètent le premier volume. Voici d'abord une conférence faite en 1877 à l'École supérieure de Guerre sur le *Pain du siège*. Nous avons vu, en effet, que Cheysson avait été chargé du service des moulins durant le siège de Paris. « Pendant les deux derniers mois du siège, Paris, dit un avant-propos des éditeurs, a vécu presque exclusivement sur ses moulins, sans que ce service ait eu un moment de défaillance, malgré les difficultés toujours grandissantes qu'il avait à surmonter. » Or la consommation normale exigeait la mouture quotidienne de 1 million de kilogrammes de blé, à raison de 500 grammes de pain par habitant, et Paris ne possédait que des établissements de meunerie insignifiants par rapport à une telle exigence. Heureusement on avait de la farine pour plus de 60 jours, mais on ne comprit pas de suite que le siège pourrait durer davantage, ce qui fit perdre du temps. Finalement on eut à écraser plus de 500 000 quintaux de grains, sur lesquels le service des moulins en reçut 400 000.

Le point de départ de l'organisation fut l'achat d'un stock de meules disponibles à la Ferté-sous-Jouarre que de Franqueville, directeur général des Ponts et Chaussées, avait fait faire à tout hasard dès le 23 août. Ces 300 paires, démodées et dépareillées, rendirent d'inappréciables services. On put s'en procurer encore une cinquantaine qu'un entrepositaire avait enfouies avec tous les matériaux de son chantier, à Ivry.

Les moulins du siège furent installés dans les gares de chemins de fer, et l'on utilisa des locomotives pour produire la force motrice. Ce qui nous paraît d'ailleurs le plus remarquable dans l'œuvre de Cheysson, c'est la partie, pour ainsi dire, administrative ; il traita à la fois pour la construction et l'exploi-

tation des moulins et posa dès le début le principe du concours désintéressé. Après avoir d'abord réglé les frais de mouture sur la base du remboursement des frais, on put établir, après expérience, un prix par quintal de grain écrasé : ce fut 3 francs par quintal, plus une prime de 0 fr. 25, destinée aux mécaniciens et ouvriers, quand la production dépasserait 15 à 20 quintaux par jour et par paire de meules.

Nous avons déjà dit combien le règlement des comptes se fit d'une façon remarquable.

Des légendes bizarres ont couru sur la composition du pain du siège. En réalité, la pire formule des derniers jours fut la suivante :

Blé	25 %
Seigle, orge, pois, malt	5
Riz	20
Avoine	30
Fécule et amidon	10
Son	10

Le pain obtenu était bien défectueux, et, depuis le 18 janvier, on n'en délivra que 300 grammes par civil adulte ; pour les militaires, on ne descendit pas au-dessous de 500 grammes.

Dans une autre conférence, faite en 1889 à la réunion des officiers, Cheysson étudia les *Méthodes de la statistique ;* cette conférence se divise en deux parties, consacrées à la recherche et à l'expression des faits. La première repose sur l'enquête et sur la monographie. L'enquête, c'est la statistique officielle, qui utilise le concours des fonctionnaires répartis sur tout le territoire : elle est une attribution de l'État. La monographie est l'étude approfondie d'un « sujet » choisi comme type, que ce sujet soit un individu, une famille, un atelier, une commune, une nation. Disciple de Le Play, Cheysson éprouve évidemment une sympathie particulière pour la monographie, mais cette sympathie n'a rien d'exclusif : « La monographie et l'enquête, dit-il, loin de se combattre et de s'exclure — comme l'ont parfois prétendu leurs amis respectifs dans leur intolérance mal avisée — peuvent se prêter un mutuel appui et combler leurs lacunes réciproques. L'une voit plus, l'autre voit mieux. »

Cheysson passe rapidement sur l'expression numérique des faits, afin d'insister sur leur expression graphique au moyen des diagrammes, cartogrammes et stéréogrammes. Les seconds le retiennent d'ailleurs plus que les autres, avec leurs variétés :

cartogrammes à bandes, à teintes dégradées, à foyers diagraphiques et à courbes de niveau.

La statistique fait l'objet d'une autre conférence, donnée au Congrès de l'Enseignement technique, industriel et commercial, tenu à Bordeaux en 1886. Il s'agit ici de la *Statistique géométrique*. Après en avoir donné une idée générale, Cheysson aborde la recherche du tarif avantageux, notamment en matière de transports, puis il aborde quelques questions relatives aux salaires, à l'outillage et aux matières premières, et enfin un petit nombre de sujets variés.

On sait que Le Play a réuni successivement toute une série de monographies de familles dans les *Ouvriers européens* puis dans les *Ouvriers des deux Mondes*. En 1890, le nombre en atteignait cent, et Cheysson jugea le moment venu de rapprocher les cent budgets de ces familles sous une forme synoptique. Il publia donc, dans le BULLETIN DE L'INSTITUT INTERNATIONAL DE STATISTIQUE, — en collaboration avec M. Foqué pour les calculs, — un volume intitulé : *Les budgets comparés de cent monographies de familles*, avec une introduction sur la méthode monographique, que l'on nous donne ici. Ajoutons que ce volume obtint de l'Académie des sciences, en 1891, le prix Montyon de statistique, que Cheysson avait obtenu une première fois, en 1886, pour l'ensemble des publications officielles qu'il avait dirigées. L'Introduction mise sous nos yeux nous paraît un exposé et un commentaire excellents de la méthode de Le Play. Celle-ci est aujourd'hui trop connue pour que nous puissions, en quelques lignes, dire quelque chose d'instructif à son sujet.

Passons donc immédiatement à l'étude sur la *Famille-Souche du Lavedan de 1869 à 1883,* qui clôt le volume.

Dans son livre sur l'*Organisation de la famille,* Le Play avait consacré une monographie restée célèbre à la famille Mélouga, de Cauterets ; or Cheysson eut l'occasion d'observer cette famille, à diverses reprises, à partir de 1869, et il a pu assister à sa dissolution sous l'influence des causes dont Le Play avait bien apprécié le danger.

On sait que cette famille put, durant de longues années, rester à peu près fidèle à la coutume du Lavedan sous le régime du Code civil. Respectant le principe qui ne laisse qu'un quart à la libre disposition du chef de famille, celui-ci, au moment du mariage de l'aîné des enfants, fille ou garçon, procédait à un partage où celui-ci recevait la propriété de famille, à charge d'acquitter des soultes au profit des autres enfants, auxquels

étaient attribuées des parts égales après prélèvement du quart disponible au profit de l'aîné.

Un partage avait été fait sur ces bases en 1835, avait été accepté et avait reçu son entière exécution ; mais, en 1864, c'est-à-dire peu avant l'expiration de la prescription trentenaire, un oncle de Savina Py, qui était alors « la maîtresse de maison », attaqua l'acte de partage. Perdu en première instance, à Lourdes, par Savina, le procès fut gagné en appel devant la Cour de Pau, dont l'arrêt fut maintenu par la Cour de cassation, en 1869. Mais ce procès, indépendamment des charges qu'il fit peser sur la famille, troubla fortement celle-ci. Savina, voulant procéder à un partage, rencontra une résistance inconnue jusqu'alors, et ce n'est qu'après deux ans de négociations que put être signé un acte de partage, en 1874 ; mais cet acte partageait les immeubles. Toutefois on put, par un acte postérieur, reconstituer l'intégrité du domaine entre les mains de l'aînée, Marthe ; mais ce ne fut qu'une trêve. Sommé de se libérer sans retard des soultes dues, le mari de Marthe dut vendre un pré, puis, tourmenté par des menaces de procès, il se résolut à profiter de la plus-value des terrains pour vendre la propriété de famille (1882). La vieille Savina quitta sa fille Marthe. Pendant la saison des eaux, elle gardait les enfants d'une autre de ses filles, baigneuse aux thermes, et le reste de l'année vivait retirée chez une personne charitable, avec une pension de 300 francs servie à regret par ses enfants. Quant au mari de Marthe, il était tombé au rang des ouvriers, vivant au jour le jour.

Rien de plus émouvant que cette triste tragédie familiale. D'accord avec son maître Le Play, Cheysson voyait le remède à tant de maux dans la liberté testamentaire.

Terminons en disant qu'on nous promet le deuxième et dernier volume pour le courant de l'année 1911.

G. Lechalas.

XIII

Esquisse d'une Philosophie des Sciences, par W. Ostwald, professeur à l'Université de Leipzig, traduit de l'allemand par M. Dorolle, professeur agrégé de philosophie. Un vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine,* de IV-184 pages. — Paris, librairie Félix Alcan, 1911.

Nous ne croyons pas que la traduction de ce petit ouvrage contribue à la gloire de l'illustre savant allemand. Il est bien évident qu'il serait aisé d'en extraire quelques passages intéressants ; mais la pensée essentielle nous en paraît singulièrement pauvre et exposée sans originalité. Des quatre livres qui composent le volume, c'est le premier, consacré à la théorie générale de la connaissance, qui en constitue la partie à la fois la plus importante au point de vue philosophique et la plus faible.

Ostwald n'envisage la science qu'à un point de vue utilitaire et ne lui attribue qu'une origine purement empirique. La science a pour objet unique la prévision de l'avenir, et la connaissance du passé, quand elle ne tend pas à ce but, est absolument inutile et ne mérite pas plus d'estime que le jeu d'échecs.

La science ne doit donc pas être cultivée « pour elle-même » ; toutefois il peut être préférable de ne pas se préoccuper des applications techniques immédiates, car ce peut être le meilleur moyen de préparer des réponses à des questions non encore entrées d'une façon pressante dans le cadre des relations vitales : telle est la raison d'être du travail *théorique* de la science.

Dire qu'une idée est inconcevable, c'est dire que l'esprit ne peut évoquer *par souvenir* un fait correspondant ; mais, comme rien n'empêche de penser les liaisons de concepts que nous voulons, il n'y a aucune difficulté à concevoir l'absurde. « Seulement il est impossible de se représenter de telles liaisons, c'est-à-dire de les reproduire d'après les souvenirs. »

L'inférence consiste en ce que, si l'on a expérimenté A, on s'attend à expérimenter B, en raison du souvenir de l'apparition simultanée des deux concepts dans des expériences antérieures.

Les lois de la nature représentent les données que l'on rencontre sous forme de concepts simples dans les concepts composés et servent de base à de nombreuses inférences. Mais les succès obtenus dans cette voie ne permettent aucunement de dire que toutes les expériences pourront être interprétées sous forme de lois de la nature.

Cette forme de l'inférence scientifique a été élevée, sous le nom de loi de causalité, au rang de principe présent à toute expérience. L'origine en est dans le fait qu'il y a, dans l'homme, une organisation physiologique spéciale, *le souvenir au sens le plus général*, en vertu duquel les éléments répétés des événements éprouvés sont portés au premier plan. Ce souvenir n'existant pas dans le monde inorganique, la théorie causale des phénomènes inorganiques est empreinte du caractère humain,

et rien n'autorise à affirmer que les mêmes phénomènes n'auraient pu se subordonner à une tout autre façon de voir. Néanmoins Ostwald reconnaît que l'on peut penser un monde où les faits éprouvés ne comporteraient généralement pas d'éléments concordants, si bien que la prévision y serait impossible, même pour un être doué de souvenir : ceci oblige à reconnaître des facteurs indépendants de nous ou éléments objectifs, dans notre connaissance du monde.

Toute science s'est formée grâce à l'induction par inférence, et c'est à tort qu'on parle d'une méthode déductive qui, de propositions universellement valables, conduirait à des conclusions universellement valables par une méthode de raisonnement universellement valable.

L'exemple des géométries non-euclidiennes donne à Ostwald assez beau jeu pour montrer que des propositions longtemps jugées comme universellement valables n'ont qu'une valeur empirique. D'autre part, le syllogisme classique :

Tous les hommes sont mortels.
Caïus est un homme.
Donc Caïus est mortel.

lui permet de dire que ce n'est qu'un exemple d'induction incomplète. Mais on ne voit nulle part qu'il discute la validité absolue de déductions partant de propositions posées comme simples points de départ, la valeur des conclusions n'ayant pas d'autre prétention que de posséder exactement la même valeur que les prémisses. Il est vrai que, pour lui, il ne s'agit plus là que d'un *jeu* et qu'il dédaigne de perdre son temps à de telles vanités. Cependant, comme auxiliaire de l'induction, la déduction joue un rôle dont il reconnaît l'intérêt et il aurait été bon qu'il discutât la valeur logique de cette déduction ; d'autre part, les cas idéaux dont il parle engendrent une science dont il devrait discuter la cohérence absolue.

Notons que l'arithmétique lui donne l'occasion d'affirmer de nouveau ses principes. A propos de la formation de la série des nombres naturels, il dit : « L'expérience enseigne que jamais il ne s'est présenté d'obstacle à la formation de types toujours nouveaux de ce genre, par l'addition continue des termes. Aussi peut-on considérer comme *illimitée* ou *indéfinie* l'opération par laquelle on forme cette sorte de classe ». D'autre part, à l'occasion des développements pris par la science des nombres, il note que ce travail se poursuit sans but technique spécial, mais

a pourtant une importance pratique considérable parce qu'il pose une fois pour toutes et permet d'appliquer immédiatement toutes les possibilités qui se rapportent à la mise en séries et à la division des choses susceptibles d'être comptées.

Logique avec lui-même, Ostwald constate que le déterminisme n'est pas démontré. Il est donc possible que le libre arbitre existe ; comme du reste, dans l'hypothèse inverse, le monde garde pratiquement une indétermination partielle pour l'être humain, l'une et l'autre hypothèses conduisent au même résultat pratique — à savoir que nous devons nous comporter par rapport à lui comme s'il n'était qu'en partie déterminé. Les deux théories, aboutissant aux mêmes conclusions pratiques, ne diffèrent que formellement et extérieurement.

Ce rapide aperçu permet d'apprécier l'essentiel de la philosophie des sciences d'Ostwald. Dans la partie plus particulièrement scientifique du volume, on trouve naturellement quelques aperçus sur sa théorie de l'énergie ; mais, comme il y a consacré un volume spécial (1), il ne semble pas y avoir lieu d'en parler ici.

G. Lechalas.

XIV

Parerga et Paralipomena. — Philosophie et science de la nature, par Arthur Schopenhauer. Traduction par Auguste Dietrich. Un vol. in-18 de la *Bibliothèque de Philosophie contemporaine,* 195 pages. — Paris, Alcan, 1911.

M. Dietrich a entrepris de donner une traduction française des *Parerga et Paralipomena* de Schopenhauer, mais en les décomposant en une série de petits volumes, dans chacun desquels il groupe des fragments traitant de sujets plus ou moins voisins. C'est ainsi que le sixième volume publié (il y en aura huit) a pour titre spécial : *Philosophie et science de la nature* (2). Ce mode de publication a soulevé des critiques dans la discussion desquelles nous n'entrerons pas ; mais nous regrettons que

(1) *L'Énergie*, un volume de la *Nouvelle collection scientifique* publiée par Alcan. Traduction Philippi.

(2) Ce titre explique que nous parlions ici de ce volume sans avoir parlé des précédents, consacrés à la morale et à l'esthétique.

la traduction ne donne aucune indication sur l'époque à laquelle a été écrit chaque fragment.

Plus de la moitié du volume est occupée par une étude qui lui donne son titre. L'inspiration générale est celle de l'œuvre capitale de Schopenhauer : *Le monde comme volonté et comme représentation*, auquel l'ensemble des *Parerga et Paralipomena* sert du reste de complément. Aussi nous dispenserons-nous d'un examen d'ensemble, pour nous arrêter seulement sur quelques points particuliers. Disons seulement que l'on retrouve bien, dans ce volume, la physionomie de Schopenhauer avec son ardent mépris pour ce qui s'écarte de sa pensée, notamment pour Schelling et surtout Hegel (1), mais aussi avec son originalité de pensée et d'expression qui le rend malgré tout si séduisant.

A la suite de Gœthe, Schopenhauer s'était lancé dans l'étude des couleurs, et il partage son mépris pour Newton et les tenants de la théorie ondulatoire. Voici d'abord pour ceux-ci : « L'action (de la lumière) et la teinte sont dérivées des vibrations d'un éther complètement imaginaire et sont très exactement calculées ; les membres les plus ignorants de la république des savants l'affirment avec un aplomb inouï, un charlatanisme colossal et une assurance si enfantine qu'on croirait vraiment qu'ils ont réellement vu et tenu dans leurs mains l'éther, ses oscillations, ses atomes et toutes les sornettes qui peuvent s'ensuivre ». Ce n'est du reste là qu'un détail dans la lutte contre « la manie et l'idée fixe des Français de réduire tout aux faits mécaniques », idée fixe à l'occasion de laquelle il déclare qu'« ils continuent à avoir Descartes dans le sang ».

Quant à Newton, c'est particulièrement à propos de la théorie des couleurs, fondée sur la différence de leur réfrangibilité, que Schopenhauer le tympanise, et cela dans une étude spéciale *Sur la théorie des couleurs* (pp. 171-181). On sait que Gœthe avait cru découvrir une invincible réfutation des idées de Newton dans le fait qu'une paroi blanche, regardée à travers un prisme, est aussi blanche qu'auparavant, si ce n'est sur les bords.

(1) Extrayons de l'article sur la *Physionomie* le passage suivant : « Je conseillerais à mes sagaces compatriotes, au cas où il leur reprendrait envie de proclamer pendant trente ans, à coups de trompettes, un homme ordinaire comme un grand esprit, de ne plus choisir pour cela une physionomie de débitant de bière telle que celle de Hegel, sur le visage de qui la nature avait inscrit avec ses caractères les plus lisibles la formule qui lui est si habituelle : « homme ordinaire » (p. 192). »

Son mépris s'exprimait d'ailleurs en ces termes : « Le livre de Newton est un miemac de choux et de raves ; il causera autant d'aversion aux gens bien élevés qu'il m'en a inspiré quand je l'ai feuilleté (1). »

La partie critique de l'œuvre de Gœthe satisfait pleinement Schopenhauer ; mais il crut devoir modifier sa théorie sur un point, et Gœthe ne le lui pardonna pas. C'est dans un traité *Sur la vision et les couleurs*, paru en 1816, puis publié en latin en 1830, que Schopenhauer expose sa théorie de la couleur, théorie physiologique, qui y voit l'activité nerveuse de la rétine qualitativement partagée en deux, donc excitée seulement en partie. La cause extérieure doit dès lors être « une lumière amoindrie, mais amoindrie d'une façon toute spéciale, ayant cette particularité qu'elle distribue à chaque couleur juste autant de lumière qu'à l'opposition et au complément physiologiques de la même obscurité (σκιερόν). Mais ceci ne peut s'effectuer sûrement et suffisamment pour tous les cas, que si la cause de la clarté dans une couleur donnée est précisément la cause de l'ombre ou de l'obscurcissement dans le complément de celle-ci. Or, cette exigence est pleinement satisfaite par la cloison opaque intercalée entre la lumière et l'obscurité, qui, dans un éclairage opposé, produit constamment deux couleurs se complétant physiologiquement ; ces couleurs seront différentes selon le degré d'épaisseur et de compacité de cet obscurcissement, mais se compléteront toujours jusqu'au blanc, c'est-à-dire jusqu'à la pleine activité de la rétine. En conséquence, quand l'obscurcissement est le plus ténu, ce sera le jaune et le violet ; s'il s'accroît, ceux-ci passeront à l'orangé et au bleu, et, à un degré plus prononcé, au rouge et au vert... Le développement de cette façon de voir se trouve dans le remaniement en latin de ma théorie des couleurs, § 11. »

Il explique ensuite comment la vérité a pu échapper à Gœthe, puis ajoute : « Voilà pourquoi il a dû me laisser comme glanure le meilleur de la moisson, puisque c'est chez moi seul que se trouvent les données les plus importantes sur l'essence de la couleur, la clef seule satisfaisante et définitive de tout ce que Gœthe enseigne ». Ensuite, s'effaçant modestement, il conclut :

« Gœthe possédait le fidèle regard objectif qui se plonge dans la nature des choses ; Newton n'était qu'un mathématicien, seulement empressé de mesurer et de calculer, et basant ses fondements sur une théorie décousue du phénomène superfi-

(1) *Traité des couleurs.*

ciellement saisi. C'est la pure vérité. Cela dit, grimacez maintenant à votre aise. »

Voici une note qui répond à une question que l'on se pose forcément quand on étudie la philosophie idéaliste :

« Les *processus* géologiques ayant précédé toute vie sur la terre se sont effectués sans aucune conscience ; non dans la leur, puisqu'ils n'en ont pas ; non dans une conscience étrangère, parce qu'il n'en existait pas. Ils n'avaient donc pas, par manque de tout sujet, d'existence objective, c'est-à-dire qu'ils n'existaient pas du tout ; or, que signifie alors leur « s'être effectué » ? C'est au fond une simple hypothèse. Si, dans ces temps primitifs, une conscience avait existé, de tels *processus* s'y seraient représentés ; c'est à cela que nous conduit le *regressus* des phénomènes. Il appartenait donc à l'essence de la chose en soi de se représenter dans de tels *processus*.

» Quand nous disons qu'il y a eu au début un brouillard lumineux qui s'est roulé en boule et a commencé à tourner, ce qui lui a donné la forme d'une lentille, et que sa circonférence la plus extérieure s'est détachée en forme d'anneau, puis roulée en une planète, et que le même fait a continué à se renouveler sans fin — toute la cosmogonie de Laplace ; si nous y ajoutons ensuite les phénomènes géologiques primitifs jusqu'à l'apparition de la nature organique, tout ce que nous disons là n'est pas vrai au sens véritable, mais c'est une manière de langage symbolique. Car c'est la description de phénomènes qui, comme tels, n'ont jamais existé ; car ce sont des phénomènes d'espace, de temps et de causes qui, comme tels, ne peuvent absolument exister que dans la représentation d'un cerveau (1) qui a pour formes de sa connaissance l'espace, le temps et la causalité, et qui par conséquent, sans ce cerveau, sont impossibles ; cette description énonce donc seulement que, si alors un cerveau avait existé, les *processus* indiqués s'y seraient représentés. Mais ces *processus* ne sont, en eux-mêmes, autre chose que l'obscure et inconsciente aspiration de la volonté à la vie d'après sa première objectivation, volonté qui, maintenant qu'il y a des cerveaux, doit se représenter dans la suite des idées de ceux-ci et moyennant le *regressus* que les formes de leur représentation amènent nécessairement, comme ces phénomènes cosmogoniques et géologiques primaires ; et ceux-ci reçoivent ainsi pour la première fois leur existence objective, qui, pour cette raison,

(1) Était-il bien utile d'employer cette expression, symbolique elle-même ?

ne répond pas moins à l'existence subjective que si elle était apparue en même temps que celle-ci, au lieu de n'être apparue que des milliers et des milliers d'années après elle (p. 79 et 80, note). »

A propos de la gravitation universelle, Schopenhauer attribue la gloire de sa découverte, au moins à titre d'hypothèse, à Hooke, et, pour établir que Newton reçut d'autrui cette hypothèse, il invoque un argument psychologique assez intéressant. Il rappelle d'abord que, après s'être arrêté une première fois, en 1666, devant cette hypothèse, Newton l'abandonna parce que ses calculs relatifs à la lune ne la vérifiaient pas. Ce défaut de vérification venait d'une évaluation inexacte de la distance de la lune à la terre, inexactitude due à une mesure incorrecte de la circonférence de celle-ci, en fonction de laquelle était évaluée la distance des deux astres. Schopenhauer s'exprime ensuite ainsi :

« Maintenant, je demande à tous ceux qui sont pères, qui créent, nourrissent et soignent eux-mêmes des hypothèses. Se comporte-t-on ainsi avec ses enfants ? Les chasse-t-on ainsi sans pitié immédiatement de la maison, si tout ne marche pas du premier coup, pousse-t-on la porte derrière eux, et, pendant seize ans, ne s'inquiète-t-on plus de leur sort ? Dans un cas comme celui-ci, avant de prononcer ce mot plein d'amertume : « Il n'y a rien à faire ! » ne supposera-t-on pas un défaut partout, fût-ce même dans la création du bon Dieu, plutôt que chez son enfant, créé et nourri par soi-même ? Et ici précisément, où la suspicion était si bien à sa place, notamment dans l'unique donnée empirique (le côté d'un angle visé) qui formait la base du calcul, et dont l'incertitude était si connue que dès 1669 les Français avaient déjà opéré leur graduation ! Or, cette donnée difficile, nous l'avons dit, Newton l'avait acceptée tout simplement en milles anglais, d'après le calcul vulgaire. Et c'est ainsi qu'on en agit avec une hypothèse vraie qui explique l'Univers ? Jamais, si cette hypothèse vous appartient en propre ! Pour ma part, je dis à ceux à l'égard desquels on se comporte ainsi : « Vous êtes des enfants étrangers mal vus dans la maison, qu'on » regarde de travers et avec défaveur, en s'appuyant sur le bras » d'une épouse stérile qui n'a enfanté qu'une seule fois, mais un » monstre, et l'on vous soumet à l'épreuve simplement d'office, en » espérant que vous n'y résisterez pas ; mais si le contraire advient, » on vous expulse de la maison avec des rires de mépris. »

» Cet argument est, pour moi du moins, d'un tel poids, qu'il

me confirme pleinement dans la croyance que l'idée fondamentale de la gravitation doit être attribuée à Hooke, et que Newton l'a simplement vérifiée par ses calculs. Le pauvre Hooke a donc partagé le sort de Christophe Colomb; on ne connaît que l'« Amérique » et le système de la gravitation « newtonien » (p. 88 à 90). »

G. Lechalas.

XV

La volonté, par le Dr Georges Surbled, deuxième édition, revue et augmentée, in-8° de xi-195 pp., s. d. — Paris, Maloine, Beauchesne.

Sans tomber dans les exagérations de la soi-disant psychophysique, on doit reconnaître que, entre les facultés de l'âme humaine et les organes du corps humain, il se produit une répercussion réciproque ; il en résulte que de la psychologie, science philosophique, à la physiologie, science physique, les rapports sont constants.

L'ouvrage que publie le Dr Surbled sur *La volonté* est conçu à ce double point de vue.

Il définit d'abord la volonté, principe de notre activité consciente et libre, qu'il range, avec la philosophie traditionnelle, parmi les facultés *appétitives,* celles qui nous attirent vers les choses connues, ou nous en éloignent ; il faut les distinguer des facultés *cognoscitives* qui se rapportent à la connaissance, soit qu'il s'agisse de la connaissance purement sensitive ou de la connaissance intellectuelle. De même les appétits peuvent avoir les choses sensibles pour objet et être *sensitifs,* ou les choses qui ressortissent à l'intelligence, et être *intellectuels.* Or l'appétit intellectuel, qui connaît la raison de son attrait, est précisément la volonté ; et comme l'être humain peut, à son choix, suivre cet attrait ou y résister, sa volonté est libre.

Mais la volonté, comme toutes autres facultés de l'âme humaine, est conditionnée par le cerveau ou plutôt par l'*encéphale,* c'est-à-dire par l'ensemble du cerveau proprement dit, *cerebrum,* et du cervelet, *cerebellum,* les opérations de la volonté étant liées à ce dernier, celles de l'intelligence au premier. Ici le docteur surbled réfute les pauvres théories du matérialisme, qui ont « exercé une influence dissolvante sur la science et enlevé toute valeur aux travaux de physiologie cérébrale ».

Si le cervelet, d'après notre auteur, conditionne les opérations de la volonté, c'est qu'il est le siège de la sensibilité *affective*, origine des appétits et des passions, tandis que la sensibilité *cognitive* aurait son origine dans le cerveau proprement dit.

Cette théorie qui, malheureusement, n'est pas assez répandue, a le mérite de résoudre nombre de difficultés paraissant autrement insolubles ; mais comme elle implique un autre facteur que l'encéphale seul, c'est-à-dire un principe indépendant de l'ordre matériel, elle est repoussée *à priori* par tout le clan de la science officielle. Là on s'obstine à confondre la volonté avec l'intelligence et à « incarner » ces deux facultés maîtresses de l'âme humaine dans les « cellules cérébrales » et les « neurones psychiques », ce qui est contraire aux faits.

De même pour le langage : il y a le langage articulé, représenté soit par la parole, soit par l'écriture ou des signes conventionnels, et qui correspond à toutes les opérations de l'esprit, comme il y a le langage sensitif, qui correspond aux phénomènes de la sensibilité : le premier est exclusivement le propre de l'homme, le second est commun à l'homme et à l'animal.

La mémoire, faculté assise sur la sensibilité mais qui, éclairée par l'intelligence, conserve, à l'aide des images, le souvenir des idées, a, par suite, une part importante dans nos déterminations. Mais précisément, parce que cette faculté prend son origine dans les organes, elle a besoin pour s'exercer, dit notre auteur, d'une énorme quantité de neurones, « et c'est pourquoi notre cerveau est si gros, si développé à côté des autres cerveaux de la série animale ».

L'association de la mémoire et du langage intellectuel sous la direction de l'esprit forme une trilogie, une « trinité psychique », au moyen de laquelle l'âme humaine peut déployer toute sa puissance. C'est au lobe moyen gauche du cerveau qu'est localisée la mémoire, en sorte qu'une lésion profonde de ce lobe fait perdre au sujet la mémoire même des mots et le rend *aphasique* par suite d'*amnésie*.

C'est grâce à la mémoire éclairée par l'esprit que l'homme sait discerner le bien du mal, et que sa volonté peut intervenir pour déterminer son libre choix. Le devoir est toujours de faire ou rechercher le bien et de fuir le mal ; mais souvent celui-ci a plus d'attraits et le bien à accomplir est austère. De là cette lutte intestine qui se produit en nous ; de là aussi la sanction du

remords quand notre volonté a failli et, ayant vu le bien, a cependant suivi le mal (1).

Notre auteur suit le rôle de la volonté dans toutes les conditions tant saines que morbides avec lesquelles elle peut se rencontrer : dans l'habitude, dans le sommeil naturel et le rêve, dans le sommeil hypnotique, dans l'hystérie, dans la démence, chez l'enfant, chez la femme, aux prises avec le tempérament, modifiée par le caractère, etc.

La question de l'éducation de la volonté, question d'ordre à la fois philosophique et physiologique, est aussi traitée : cette éducation se fait par la volonté elle-même soit indirectement par autrui, car l'homme est essentiellement un être enseigné, soit directement par soi-même.

Quelquefois se produit un état maladif qui se traduit par une absence, par une privation plus ou moins partielle de toute volonté, état que les médecins appellent *aboulie*. L'auteur les décrit, en expose les variétés, principalement les deux principales : la *timidité* et le *scrupule*, en indiquant les moyens d'ordre moral d'y remédier, la médication proprement dite n'y étant guère d'aucun secours.

Ne terminons pas cette analyse, d'ailleurs incomplète, sans mentionner un chapitre important, peut-être le plus étendu du volume, consacré au cervelet et à son rôle dans le fonctionnement et les attributions de l'encéphale.

La conclusion générale de l'ouvrage est que la volonté est une faculté spirituelle, sceau de l'intelligence, arme puissante en même temps que redoutable de la liberté, agent efficace de la vie intellectuelle et morale de l'homme.

Ch. de Kirwan.

XVI

Brazilië. Cultures, ontwikkeling en vooruitgang, par G. Elink Schuurmann, Gzn. — Un vol. in-8° de 285 pages, nombreuses figures dans le texte. Amsterdam, J. H. de Bussy, 1911.

Depuis quelques années, le Brésil a chez nous vivement attiré l'attention, et cette attention a été fortifiée à la suite de l'exposition organisée par ce pays, en 1910, à Bruxelles.

(1) *Video meliora, proboque ;*
Deteriora sequor, disait Ovide.

Dans le livre que nous signalons ici nous trouvons, chose de valeur, l'appréciation que porte, sur ce pays d'avenir, un homme qui connaît la culture et l'exploitation pour les avoir pratiquées depuis des années à Java.

L'ouvrage traite successivement du Brésil au point de vue historique et de ses produits divers d'exportation : café, caoutchouc, cacao, sucre, tabac, riz. Il s'adresse non seulement aux spécialistes, mais au grand public.

C'est le café qui a retenu surtout l'attention de M. Elink Schuurmann ; si cette culture l'intéresse particulièrement, c'est qu'elle a eu, pour les Indes Néerlandaises, une immense importance et paraît même revivre depuis l'introduction, dans les Indes Orientales et dans l'Extrême-Orient, de notre caféier du Congo.

L'auteur fait ressortir les conditions spéciales de la culture du caféier au Brésil et les raisons, tant naturelles que sociales, qui ont permis un développement si extraordinaire. La production a nécessité cette opération particulière, la « valorisation », dans laquelle nous, Belges, sommes intervenus.

Rappelons à ce propos une statistique, celle de *l'exportation du café de Santos en 1909-1910 ;* un total de 10 211 270 balles de 60 kilos se répartissant ainsi :

New-York	3 488 366	balles
Hambourg	2 227 223	»
Le Havre	1 063 498	»
Rotterdam	847 229	»
Trieste	738 841	»
Angleterre	482 861	»
Anvers	336 642	»
Brême	102 480	»
Marseille	98 870	»

Nous ne sommes pas trop mal partagés, mais nous pourrions cependant l'être mieux avec un peu de travail.

La production caféière, qui depuis 1906 avait baissé, remonte ; en 1909-1910 l'exportation avait atteint en 6 mois un chiffre supérieur à celui qu'elle avait atteint pendant la même durée en 1906.

Il y a dans ce livre beaucoup à glaner ; il faut féliciter l'auteur de nous l'avoir donné car il jette des lumières très spéciales sur une question discutée, et pour l'appréciation de laquelle nous n'avions que des documents d'une source unilatérale.

É. D. W.

XVII

Institut Solvay. L'Évolution industrielle de la Belgique, par G. Lewinski. — Misch et Thron. Bruxelles, 1911.

Cet ouvrage présente un singulier mélange de dissertations théoriques et d'exposés de faits, de considérations générales et d'observations de détail. M. Lewinski déclare dans son introduction affectionner la synthèse et mêler de parti pris l'induction et la déduction. On regrettera que ses vues ne présentent pas plus d'originalité et que son érudition soit, en général, de seconde main.

Il était oiseux, dans un travail historique, de s'étendre sur *la supériorité de la fabrique dans la lutte avec le métier* (Chap. IX), sur *des considérations théoriques* relatives à *l'industrie à domicile* (Chap. XI), ou à *la concentration industrielle* (Chap. XII). Sans doute « la nécessité de donner à la méthode déductive la place qu'elle a perdue... s'impose de plus en plus » (p. 4) ; mais les théories générales peuvent guider dans ses inductions un économiste historien sans qu'il se croie obligé pour cela de les reproduire en tête de ses différents chapitres, surtout quand ces théories ne sont pas neuves. D'autre part, la recherche, la critique et l'exposé des faits n'ont pas tenu dans les préoccupations de l'auteur la place qu'ils exigeaient, étant données l'ampleur et la complexité du sujet à traiter.

L'évolution industrielle de la Belgique, de la fin du XVIIIe siècle au début du XXe, réserve encore aux historiens futurs d'amples moissons à récolter. En attendant, on glanera dans l'ouvrage de M. Lewinski nombre de détails suggestifs ; on y rencontrera aussi nombre d'idées et d'interprétations discutables. L'épigraphe de ce livre, empruntée à Goethe, est pleine d'à propos : « Les opinions qu'on se risque à émettre sont comme les pions qu'on avance sur le damier ; ils peuvent être battus, mais ils ont entamé une partie qui sera gagnée. » Sentence de sphinx ! Bien sûr que la partie sera gagnée ; mais reste à savoir par qui.

V. F.

XVIII

Travaux de l'Institut de Sociologie Solvay. — Notes et mémoires. Fascicule II. Les Abonnements d'ouvriers sur les lignes de chemin de fer belges et leurs effets sociaux, par Ernest Mahaim. — Bruxelles, Misch et Thron, 1910.

« Les voyages effectués par les abonnés ouvriers représentent 42 pour cent de tous les voyages faits sur le réseau. Sur 440 000 voyageurs que transporte en moyenne le chemin de fer de l'État par jour, il y a 200 000 ouvriers abonnés. En d'autres termes « le réseau des chemins de fer de l'État sert à transporter des ouvriers abonnés à peu près autant que d'autres voyageurs (1). »

« C'est là, croyons-nous, un phénomène qui ne se retrouve sur aucun grand réseau de chemins de fer du monde » (p. 124).

Aussi M. Mahaim a-t-il fait œuvre utile en étudiant ce phénomène économico-social. Il a fait œuvre scientifique aussi. Ce volume in-4°, de XVI-260 pages, illustré de trois diagrammes, vingt-huit cartes, sept cartogrammes, de tableaux statistiques et d'annexes documentaires hors texte, rassemble toute la documentation essentielle sur l'historique et les règlements actuels des abonnements d'ouvriers en Belgique, et une grande partie des données statistiques désirables sur le nombre et la répartition des abonnements, sur les centres d'attraction et de dispersion, sur l'aire de drainage des stations, sur les professions des abonnés.

Quant à leurs effets sociaux, le problème des abonnements d'ouvriers présente des aspects multiples et disparates que l'auteur a nettement détaillés : exode rural et concentration urbaine ; marché du travail ; santé de l'ouvrier et santé de la famille ouvrière ; logements ouvriers ; influences intellectuelles, morales, religieuses, politiques. Dans la plupart de ces domaines, les résultats heureux se mêlent à des conséquences déplorables. On voudrait se rendre compte si la somme du mal est négligeable en considération de la somme du bien. Mais, pour ce

(1) Sans contester l'importance du phénomène, nous croyons qu'on l'atténuerait si, au lieu de considérer le rapport du nombre des ouvriers abonnés au nombre total des voyageurs, on comparait les nombres de kilomètres parcourus par les uns et les autres.

jugement d'ensemble, les données fournies par M. Mahaim n'offrent qu'une base insuffisante. Lui-même garde, dans ses conclusions, une prudente réserve. Voici, à titre d'exemple, en quels termes il répond aux griefs de M. le Comte Goblet d'Alviella : « ... si tel était le sort de la majorité des abonnés, on pourrait dire que le coupon de semaine ne fait qu'augmenter, qu'aggraver l'abrutissement causé par l'excès de travail ... qu'il y ait *beaucoup* d'abonnés dans cette situation, c'est ce qui est incontestable. Mais, à notre avis, cette situation n'est *pas générale*. Rappelons, encore une fois, que les voyageurs d'occasion sont *plus nombreux* que les émigrants quotidiens ; rappelons aussi que les longs trajets en chemin de fer ne sont *pas les plus fréquents* ; rappelons enfin *le grand nombre* de mi-déracinés, qui séjournent toute une semaine loin de chez eux (p. 198). » Que signifient au juste tous ces nombres indéfinis que nous avons soulignés dans le passage ?... Et pourtant, aussi longtemps qu'ils ne sont pas précisés, que conclure ?

Cette observation n'est pas pour contester le mérite du travail de M. Mahaim. Il n'a pas dépendu de lui de faire davantage. Il écrit lui-même dans son introduction : « un particulier ne peut se substituer, en matière de statistique, aux administrations publiques. Aussi nous avons pleinement conscience de tout ce qui manque à notre travail pour en faire l'étude définitive qu'on désirerait. Si nous ne nous sommes pas abstenu d'utiliser des documents fragmentaires, c'est que nous avons pensé qu'ils pourraient servir de points de départ à des observations plus générales, périodiques ou continues ». Nous souhaitons aussi à M. Mahaim cette récompense de son initiative.

V. F.

XIX

L'idée de Dieu dans les sciences contemporaines. Le Firmament, l'atome, le monde végétal, par le Dr L. Murat en collaboration avec le Dr P. Murat. Préface de M. A. de Lapparent. Troisième édition. Un vol. in-8° de LVII-468 pages. — Paris, P. Téqui, 1910.

Une lettre destinée à l'auteur et retrouvée inachevée dans les notes de M. A. de Lapparent, sert de préface à ce livre d'at-

travante et saine vulgarisation ; voici des extraits de cette lettre : Ils rappelleront à nos lecteurs le souvenir sympathique du grand chrétien et de l'illustre savant qui fut si longtemps notre dévoué collaborateur, en même temps qu'ils seront la recommandation la plus autorisée d'un ouvrage préparé par beaucoup de lectures et écrit avec une conviction communicative, solidement justifiée.

« Vous avez souhaité, écrit M. A. de Lapparent, que votre livre fût présenté aux lecteurs par quelqu'un qui eût déjà pris nettement position sur le même terrain. Ainsi que vous, je crois à la puissance démonstrative de l'ordre et de l'harmonie dans l'univers. Montrer comment tout est disposé avec « nombre, poids et mesure », c'est affermir dans les esprits l'idée d'une cause dirigeante, en qui réside le principe de cette disposition, qui satisfait notre raison, en même temps qu'elle provoque notre admiration et notre reconnaissance.

» Cette admiration, vous l'avez éprouvée à un haut degré, soit en analysant les preuves fournies par d'autres, soit en utilisant ce que vos propres travaux ont ajouté à ce genre de démonstration. Aussi vos pages respirent-elles une chaleur de conviction faite pour entraîner les esprits...

» Je sais que vous n'avez pas cherché, à proprement parler, à écrire une apologétique doctrinale. Votre livre mériterait plutôt de s'appeler un arsenal apologétique. Vous y avez accumulé, dans un ordre qui en facilite la recherche, des masses d'indications précieuses où chacun viendra puiser à son gré...

» En cherchant à fortifier ceux qui... croient comme nous à l'existence d'un plan directeur conçu par un principe intelligent et bienfaisant, vous prouvez par surcroît le plaisir d'apprendre beaucoup de choses pleines d'intérêt en elles-mêmes et qu'il faudrait aller chercher dans quantité d'ouvrages spéciaux. Puissent votre tentative être appréciée et votre labeur être récompensé comme ils le méritent. »

L'ouvrage s'ouvre par une longue introduction où l'auteur présente des considérations générales sur la portée philosophique de son travail, et étudie la preuve des causes finales. Trois livres se partagent le corps de l'ouvrage ; ils sont consacrés aux merveilles de l'Astronomie, de la Physique et de la Chimie, et de la Botanique. Les conclusions philosophiques s'enchâssent dans cet exposé dont les éléments ont été puisés à bonne source, et dont la mise en œuvre fournit une lecture instructive et réconfortante.

L. R.

XX

L'expérience mystique et l'activité subconsciente (Psychologie des mystiques chrétiens. Critique des faits), par Jules Pacheu. 1 vol. in-8° VII-314 pages. — Paris, Perrin et Cie, 1911.

Dès 1901, par son *Introduction à la psychologie des mystiques*, M. l'abbé Pacheu eut le mérite, comme l'écrivit alors A. Godfernaux, de tendre ouvertement, au nom de la théologie, « un rameau d'olivier à la science ». Il ne s'est pas départi, depuis, de cette attitude à la fois critique et conciliatrice, puisqu'elle caractérise encore l'ouvrage que nous signalons aujourd'hui. La préoccupation dominante de son auteur semble avoir été de maintenir ou de ramener chacun sur son terrain, le psychologue et le biologiste sur le terrain de la science expérimentale, le métaphysicien et le théologien sur le terrain de l'absolu philosophique ou théologique. Par une distinction sévère des méthodes et des compétences, M. Pacheu espère amener la coordination d'efforts précieux, en apparence divergents. La psychologie religieuse, selon lui, pourrait devenir, en tant que science, une zone neutre et sereine, où s'effaceraient soudain les conflits d'interprétation transcendante : matérialistes, spiritualistes, agnostiques, y verraient leurs lignes d'investigation redevenir parallèles ou même se confondre. Nous mettons à l'espérer moins d'optimisme que M. Pacheu ; mais, à tout prendre, le principe : « chacun son métier » est excellent ; et nous y souscrivons volontiers, sauf cette petite chicane — que nous développerons peut-être ailleurs — que les faits d'observation et les autres opérations de la « science » ne sauraient être, en réalité, tellement dégagés de toute spéculation.

Fidèle à son principe, M. Pacheu, dans la série de ses travaux sur les faits mystiques, ne manque jamais d'avertir son lecteur quand le psychologue passe la plume soit au théologien soit au philosophe.

Nous venons de parler d'une « série » de travaux : en effet, le présent volume termine à ce jour une série — un peu lâche — qui n'est point close, on peut l'espérer. Après l'*Introduction* citée plus haut, parurent successivement deux études, qui acheminaient, dans l'intention de leur auteur, au travail récemment publié : en 1906, chez Bloud : *Du positivisme au mysticisme. L'inquiétude religieuse contemporaine*, puis, en 1909, chez Per-

rin : *Psychologie des mystiques chrétiens. Les faits. Le poème de la conscience, Dante et les mystiques.* Ce dernier ouvrage devait constituer comme une base documentaire aux études critiques qui suivraient. Nous avouons que le lien entre celles-ci et celui-là ne nous a pas, jusqu'ici, paru très étroit ni la base documentaire très profondément exploitée. Tel quel cependant — et c'est peut-être tout ce qu'a prétendu son auteur — ce recueil de documents, très littéraire de forme, outre qu'il se suffit à lui-même, servirait encore utilement d'introduction à une étude plus minutieuse des textes mystiques et tout à la fois d'antidote contre l'influence desséchante — toujours un peu déformante aussi — d'une analyse psychologique purement technique. Car M. Pacheu excelle à dégager les grandes lignes et à noter les « impressions » ; sa psychologie, délicate et judicieuse, se développe plus en étendue qu'en profondeur ; sans cesser d'être juste, elle est plus facile peut-être que patiente.

La même appréciation nous est suggérée par la lecture du dernier livre de M. Pacheu. De composition bien équilibrée, de style toujours heureux et souvent pittoresque, d'une clarté parfaite, d'une information sérieuse, il laisse l'esprit du lecteur satisfait de fruits cueillis sans effort et orienté assez nettement sur les principaux problèmes de la psychologie des mystiques — problèmes, d'ailleurs, plutôt esquissés et résolus dans leur ensemble que poussés plus avant dans le détail.

Un mot du plan de l'ouvrage.

Dans la première partie, l'auteur rappelle et décrit quelques particularités psychologiques et psychopathologiques apparentées — en fait, ou seulement d'apparence — à certains faits supranormaux ou mystiques. Puis il expose les essais de théorie psychologique de l'union mystique, en insistant, à juste titre, sur celui de M. Delacroix.

La seconde partie, plus importante, est un examen critique de la nature des faits mystiques essentiels.

La troisième partie — complément indispensable des précédentes — traite de la « valeur éthico-religieuse des faits mystiques ». Ici, comme dans la « Conclusion », qui suit immédiatement, l'auteur est amené parfois — il en avertit toujours — à dépasser le rôle d'un simple psychologue, et ouvre quelques vues discrètes sur des interprétations métaphysiques et théologiques.

Un appendice très court mais de grand intérêt reproduit des extraits d'une lettre de M. Delacroix, qui y précise son attitude au regard de la solution transcendantale des problèmes de psychologie religieuse. Nous souhaiterions, dans les livres de

M. l'abbé Pacheu, la suppression de quelques notes, dont le caractère trop personnel tranche désagréablement sur la tenue plus discrète et plus objective du texte.

J. Maréchal, S. J.

XXI

L'Apostolato del P. Matteo Ricci D. C. D. G. in Cina secondo i suoi scritti inediti. Lettura del P. Pietro Tacchi Venturi D. M. C. tenuta all'Academia di Religione cattolica in Roma, il 12 di maggio 1910. Seconda edizione. Roma. Civilta cattolica, 1910. — Un vol. in-8° de 49 pages et un portrait de Mathieu Ricci, hors texte.

Cette conférence sur Mathieu Ricci en Chine, d'après ses écrits inédits, faite à Rome, le 10 mai 1910, par le P. Tacchi Venturi, S. J., à l'occasion du trois centième anniversaire de la mort de Ricci, est une véritable biographie de l'immortel mathématicien missionnaire. Le ton du narrateur est naturellement celui du discours ; disons-même, celui du discours visant sans détours à l'éloge. N'importe. L'inconvénient, au point de vue de l'histoire, est moindre, en réalité, qu'on ne serait au premier moment en droit de la craindre ; car, contrairement aux traditions en usage dans les circonstances analogues, le discours du P. Tacchi Venturi est enrichi de notes justificatives nombreuses, parfois fort étendues, tirées des manuscrits inédits de son héros. Elles donnent à son petit volume son principal intérêt.

Nous ne connaîtrons bien l'illustre fondateur des missions de la Chine, que quand nous posséderons l'édition de ses *Œuvres complètes*. Celle-ci comprendra, comme pièces principales, la correspondance de Ricci, et un commentaire sur les affaires de Chine, largement mis jadis à contribution par le P. Nicolas Trigault (1). Si nous sommes exactement informés, le travail du P. Tacchi Venturi est très avancé. En attendant de le présenter aux lecteurs de la Revue, je leur signale volontiers la notice actuelle, comme la meilleure qui ait été écrite sur Mathieu Ricci.

H. Bosmans, S. J.

(1) *De Christiana Expeditione Apud Sinas, suscepta ab Societate Jesu, ex P. Matthaei Ricci ejusdem Societatis commentariis. Libri V...* Auctore P. Nicolao Trigautio Belga, ex eadem Societate. Augustae Vind., apud Christoph. Mangium, MDCXV. L'ouvrage a eu de nombreuses rééditions et traductions.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

BIOLOGIE

La communication suivante, présentée par M. Arm. Gautier, le chimiste bien connu, à la séance de l'Académie des Sciences du 11 septembre dernier, ouvre des vues d'intérêt général et très actuel sur le mécanisme de la variation organique. Aucune des causalités invoquées n'était d'ailleurs ignorée, et, même, des conceptions analogues, purement théoriques encore, s'étaient déjà fait jour. L'intérêt spécial de la présente note de M. A. Gautier réside dans une coordination très suggestive des résultats de recherches antérieures, parmi lesquelles il convient sans doute de ranger à bonne place les travaux de M. Gautier lui-même sur la différenciation chimique interraciale ou interspécifique de certains produits organiques. De la synthèse, forcément un peu vague, dont on va lire l'esquisse, pourront naître des travaux de contrôle ; car la généralisation tentée par M. Gautier a ceci de bon qu'elle donne prise à l'expérimentation et peut éclairer les méritoires tâtonnements auxquels se livre, depuis quelques années déjà, la biologie. Le principe — unanimement accepté du reste — d'une dépendance, au moins partielle, de la morphologie au regard du chimisme organique se trouve précisé d'une manière plausible, sans qu'on puisse dire toutefois que sa portée exacte soit d'ores et déjà délimitée, fût-ce par hypothèse. On remarquera aussi que l'expression « coalescence *des* plasmas » prend finalement, sous la plume de M. Gautier, une signification fort large, pour ne pas dire fort lâche : le plasma dont l'accession, ou éventuellement la soustraction, détermine la variation chimique morphogène d'un être vivant, peut être, non seulement

un plasma germinatif ou somatique, mais une toxine bactérienne, une zymase, une hormone, ... donc probablement aussi, le cas échéant, un catalyseur inorganique, une combinaison métallique, bref un modificateur chimique quelconque. L'hypothèse générale reviendrait alors à l'affirmation, difficilement contestable, de l'intervention nécessaire de facteurs chimiques, affectant le plasma vivant, dans l'établissement de toute variété transmissible. Encore, M. A. Gautier ne précise-t-il pas, en fonction de son hypothèse, les conditions dans lesquelles la variation somatique individuelle deviendrait héréditaire. Or on sait à quel point ce problème tatillon a causé d'ennuis aux biologistes contemporains.

La note de M. A. Gautier ne résout donc pas, même hypothétiquement, les principaux problème en litige, mais elle fait entrevoir, en l'éclairant de clartés encourageantes, une voie de recherches d'où sortira peut-être leur solution. Ce mérite n'est pas banal, et on l'amoindrirait à vouloir l'exagérer. Il justifie amplement, croyons-nous, la publication intégrale que nous faisons ici de cette très intéressante communication :

Sur les mécanismes de la variation des races et les transformations moléculaires qui accompagnent ces variations. — Quoique les principes de l'adaptation au milieu et de la sélection naturelle paraissent à de bons esprits pouvoir expliquer la variation des êtres vivants et, au besoin, la formation lente et continue d'espèces nouvelles, les théories de Lamarck et de Darwin ne donnent point la raison des brusques modifications, en apparence spontanées, que l'on remarque assez souvent chez les plantes et les animaux quand on les observe en nombre suffisant.

Je voudrais montrer d'abord que ces variations qui apparaissent tout à coup sont l'origine principale des races et qu'elles peuvent être rapportées à deux causes prépondérantes, sinon exclusives : 1° l'action d'un plasma fécondateur étranger sur l'ovule végétal ou animal ; 2° la symbiose de plasmas végétatifs appartenant à des races, quelquefois à des espèces différentes, plasmas aptes à entrer en *coalescence*, c'est-à-dire à croître et à fonctionner en union intime avec les plasmas qu'ils modifient.

A. — C'est de mes études sur la composition chimique, la constitution et la variation des pigments des diverses sortes de vignes que sont nées mes premières conceptions sur un sujet qui n'entre pas, en apparence, dans le cadre habituel de mes

recherches. Je reviendrai tout à l'heure sur les résultats de ce long travail (1). Je dirai ici seulement que dès 1879 je remarquai que, chez les plantes au moins, la variation provoquée par la fécondation croisée, ou l'apparition, quelle qu'en soit d'ailleurs la cause, d'une race nouvelle, n'entraîne pas seulement des changements anatomiques ou fonctionnels extérieurs, mais qu'elle modifie jusqu'aux molécules intégrantes, spécifiques, de l'être nouveau. J'osai en conclure que la trame vivante du végétal, elle-même, est ainsi changée puisqu'ont changé les produits de son fonctionnement et qu'inscrite dans cette trame vivante, celle-ci devait être, dans les cas favorables du moins, capables de transmettre la variation qu'elle porte en elle. C'est ce que je ne tardai pas à vérifier grâce à l'enquête que je fis à cette époque chez les horticulteurs et les savants les plus aptes à me renseigner à cet égard.

Les horticulteurs et botanistes ont observé, depuis longtemps, la transmission possible des caractères spécifiques du greffon au porte-greffe et inversement.

Tous les botanistes connaissent aujourd'hui le célèbre néflier de Bronvaux près Metz. C'est un néflier plus que centenaire, autrefois greffé sur aubépine. Toute la partie de l'arbre sortie du greffon est bien un néflier, mais il y a quelques années, un peu au-dessous de la greffe, sur le vieux tronc d'aubépine, a poussé un rameau de néflier différant, d'ailleurs, des autres rameaux en ce que son bois est épineux et qu'au lieu de porter des fleurs solitaires comme le néflier, ses fleurs au nombre de douze, mais semblables à celles du néflier, sont réunies en corymbe comme dans l'aubépine. On voit ici les caractères du greffon se transmettre au porte-greffe, non sans s'être sensiblement modifiés en raison de la conjugaison des deux plasmas.

Cette transmission des caractères d'une espèce à une autre, par l'intermédiaire des plasmas végétatifs, est plus facile et plus sûre si l'on opère sur des plantes herbacées. M. le prof. L. Daniel greffe l'*Helianthus lætifolius*, sorte de petit Soleil, sur l'*Helianthus annuus*. Le premier est une plante vivace à tige ligneuse à rhyzomes très développés se renflant en tubercules ; le second

(1) Voir COMPTES RENDUS, t. 85, p. 755 ; t. 86, p. 1507 ; t. 87, p. 64. — BULL. SOC. CHIM., 2e série, t. XXXIII, p. 582 ; t. XLIII, p. 2. — COMPTES RENDUS, ASSOC. FRANÇ. POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES, 1879, p. 392. — *Hommage à Chevreul à l'occasion de son centenaire*, pp. 24 à 52. Paris, Alcan, éditeur ; 1886.

est une plante annuelle dont la tige est pourvue d'une moelle abondante, riche en inuline. De cette coalescence, est provenue une race de Soleils, bien plus persistante que les *annuus*, à tige ligneuse et dure, à épiderme vert sombre, portant de nombreuses lenticelles comme la tige du petit Soleil qui avait fourni le greffon, alors que la tige du grand Soleil non greffé est vert pâle, à poils persistants et presque sans lenticelles.

Voilà donc bien le caractère du greffon transmis par les plasmas au porte-greffe ; et voici la réciproque :

Parmi des observations pouvant servir à la démontrer, je citerai d'abord celle qui me fut aussitôt signalée par le célèbre hybrideur lyonnais, Jurie, comme confirmant entièrement mes théories, communiquées quatre ans avant au Congrès viticole de Lyon (1896) (1) : un pied de vigne *Labrusca* (variété *Isabelle*), cépage américain dioïque, avait été, en 1882, greffé de Poulsard, espèce française hermaphrodite. En 1899, sur un rameau issu du greffon, apparut non plus le feuillage du Poulsard, mais celui du *Labrusca Isabelle* de l'espèce greffée. Les fleurs de ce rameau eurent la hâtivité de l'Isabelle ; ses fruits intermédiaires entre ceux des deux espèces participaient aussi, comme je m'en assurai moi-même, à la couleur des deux conjoints. Les vrilles de ce rameau étaient continues, généralement quatre à cinq de suite, comme dans les *Labrusca* ; en un mot, le porte-greffe avait communiqué par ses plasmas à une branche du greffon une partie des caractères de son espèce (2).

C'est ce que vient de retrouver dernièrement M. E. Griffon (3) sur cette branche d'Amandier poussée sur un Pêcher autrefois greffé sur Amandier. C'est aussi ce qu'avaient déjà établi les très nombreuses greffes de piment sur tomate, aubergine sur tomate, etc., de M. L. Daniel.

Remarquons que ces variations, dues au mariage de plasmas végétatifs, sont assez stables pour pouvoir, dans certains cas (non certes dans tous), se transmettre même à la graine. M. L. Daniel a établi que celles qui proviennent, par exemple, de l'alliaire greffée sur choux, du pois de Knight sur fève vul-

(1) Voir REVUE DE VITICULTURE, t. VI, pp. 573 et 597, et REVUE SCIENTIFIQUE, 4e série, t. VII, p. 161.

(2) Publié dans la REVUE DES HYBRIDES FRANCO-AMÉRICAINS de P. Gouy, juillet 1902, p. 152. « Ces faits, conclut M. Jurie, nous apportent la confirmation des idées de M. A. Gautier sur les mécanismes moléculaires de la formation des races et des espèces. »

(3) COMPTES RENDUS, t. 153, p. 521.

gaire, etc., donnent par semis des plantes qui participent des qualités mixtes de deux espèces (1).

Chose bien expressive et qui vient appuyer fortement ma démonstration, si l'on peut marier par la greffe et faire varier ainsi deux espèces voisines, quelquefois même associer des genres voisins, on n'y peut parvenir si dans deux espèces même très rapprochées les plasmas sont symétriquement inverses l'un de l'autre. On ne saurait faire pénétrer une vis dextrogyre dans écrou lévogyre de même pas et de même diamètre ; il en est de même du plasma végétal. Les chicoracées se greffent bien entre elles, mais à l'exclusion des espèces qui forment de l'inuline, substance *amylacée lévogyre*, sur celles qui donnent de l'*amidon dextrogyre*. L'inversion des deux isomères témoigne de l'inversion des plasmas qui les ont produites et explique la non-conjugaison de ceux-ci.

Des faits analogues s'observent chez les animaux : La coalescence de la semence mâle d'une race ou d'une espèce avec les plasmas de l'ovule d'une autre race n'a pas seulement pour effet de produire un hybride (mulet, léporide, etc.). La femelle ainsi une fois imprégnée, lorsqu'elle est ensuite fécondée par un mâle de son espèce, pourra donner un produit qui gardera quelques-uns des caractères du générateur étranger primitif. Ce sont là les faits dits de *télégonie*. Il faut en rapprocher, certainement, ceux qu'on observe à la suite de l'inoculation de certains virus qui, modifiant les plasmas, les rendent impropres à contracter désormais, ou pour longtemps, les maladies virulentes correspondantes.

Nous concluons que, lorsque l'être vivant, végétal ou animal, subit la coalescence de certains plasmas, fécondatifs, végétatifs, virulents, zymasiques, empruntés à d'autres espèces, il peut résulter de cette symbiose une variation qui se traduit par une modification subite de la race ou de l'espèce, modification que les plasmas de l'être nouveau transportent et peuvent transmettre à leur tour.

B. — En quoi consistent essentiellement les modifications ainsi provoquées ? Les observations suivantes, qui datent de 1878-1882, m'ont définitivement renseigné sur ce point très délicat (2).

(1) Voir L. Daniel. *Quelques applications pratiques de la greffe herbacée* (Paris, 1894 ; Klingsieck, éditeur) et *Influence du sujet sur la greffe et réciproquement* (Congrès horticole, 1898).

(2) Voir plus haut les Mémoires cités.

On connaît dans le genre *Vitis* une vingtaine d'espèces à fleurs hermaphrodites originaires de l'ancien continent, et quinze espèces environ, à fleurs dioïques, dites *cépages américains*. Dans l'espèce *Vitis vinifera Europea*, qui comprend toutes nos vignes françaises, on distingue près de 2000 races ou cépages.

Quelle est leur origine ? Pollinisation, semis, rapprochement voulu ou fortuit de leurs plasmas végétatifs, symbioses cryptogamiques, piqûres d'insectes, traumatismes, cultures, climats ? On l'ignore de presque toutes. Toujours est-il que les caractères extérieurs de ces nombreux cépages permettent de les distinguer entre eux.

Jusqu'à 1878, on a cru que les races d'une même espèce végétale, tout en différant entre elles par la taille, la forme de leurs rameaux ou de leurs feuilles, la disposition du fruit et sa richesse en principes sucrés ou colorants, la fertilité, la hâtivité, etc., on a cru que toutes ces races étaient construites des mêmes matériaux protéiques, cellulosiques, colorants, amylacés, etc. Mais en examinant à cette époque très attentivement le pigment du fruit de la vigne européenne, je constatai, non sans une grande surprise, que chaque race de vigne produisait dans la pellicule ou la pulpe de son fruit un pigment spécifique chimiquement différencié propre à chacune de ces races. J'inscris ici, pour la comparaison, les formules brutes de chacun de ces principaux pigments :

	FORMULE DU PIGMENT
Cépage Aramon	$C^{46}H^{36}O^{20}$
Cépage Carignan.	$C^{42}H^{40}O^{20}$
Cépage Grenache	$C^{46}H^{44}O^{20}$
Cépage Teinturier	$C^{44}H^{40}O^{20}$
Cépage Gamay	$C^{40}H^{40}O^{20}$
Cépage Petit-Bouchet	$C^{45}H^{38}O^{20}$
etc. etc.	etc.

A chaque cépage répond donc son pigment spécifique.

Examinant alors la constitution de chacun de ces pigments, je constatai qu'ils ont tous une structure semblable. Tous sont des acides multibasiques faibles dérivant de l'union à un radical trivalent de trois branches constituées par un polyphénol en partie carboxylé (quelquefois amidé), constitution analogue à celle de l'aurine ou de la fuchsine (1). Tous ces pigments

(1) La constitution analogue de la fuchsine ne fut donnée qu'un an après par E. Fischer. (Voir DEUTSCH CHEM. GESELL., 1880).

donnent par hydrolyse une phloroglucine et un acide aromatique particulier à chacun, mais toujours de structure analogue (acide protocatéchique, hydroprotocatéchique, acide caféique, etc.).

C'est ainsi que la cause qui a provoqué la variation ou la race, non seulement a modifié les parties apparentes du végétal, mais aussi elle a différencié, modelé son pigment en agissant sur les chaînes latérales de sa molécule, tout en respectant sa structure chimique générale, comme elle a respecté les formes et les caractères généraux de l'espèce.

Les mêmes constatations peuvent se faire pour les autres principes d'une même famille végétale et les autres végétaux. Tels dans la famille des Rubiacées, les tanins du Caféier, de la Garance, des Quinquinas, qui diffèrent tous entre eux.

De même, j'ai montré que chaque Acacia (*A. catéchu*, *A. arabica*, *A. farnesiana*, etc.), produit sa catéchine spéciale (1), mais, comme pour les pigments de la vigne, auxquels elles se rattachent, du reste, par leur constitution, toutes ces catéchines, avant moi confondues entre elles, *appartiennent à la même famille chimique* et ont même structure générale.

Ainsi nous constatons ce fait fondamental que dans le règne végétal, tout au moins, le simple passage d'une race à une autre, à plus forte raison d'une espèce à l'autre, entraîne une variation si profonde de l'être qu'à l'exception de quelques principes banaux, qu'on retrouve dans la plupart des plantes (sucre, amidon, cellulose peut-être), tous les principes propres à l'espèce ou à la famille : tanin, pigments, essences, alcaloïdes, chlorophylles, etc. (celles-ci comme je l'ai établi plus particulièrement), tous ces principes ont varié, tout en conservant les traits essentiels de leur espèce chimique commune.

Ces modifications décelables à l'analyse et à la balance, des principes spécifiques constitutifs de la trame végétale, aussitôt que varie la race, sont les signes irrécusables des modifications correspondantes survenues dans les plasmas producteurs de ces principes nouveaux. Si le produit varie, c'est que le producteur a varié; on conçoit, en effet qu'à toute modification de structure des protoplasmas doive répondre une modification de leur fonctionnement et de leurs produits. De sorte que les modifications extérieures de l'être, les caractères de la race, ne sont que les signes extérieurs des modifications micellaires invisibles, mais bien réelles, dont témoigne la variation des produits.

(1) Comptes rendus, t. 85, p. 342 et 752; t. 86, p. 668.

Sans doute on peut concevoir que les conditions du milieu extérieur venant à changer : température, éclairement, radiations spéciales, alimentation, usage ou inutilisation de certains organes, etc., quelques-uns des principes spécifiques dont est construit l'être vivant puissent disparaître ou se modifier. Encore ne comprend-on pas comment on pourrait passer ainsi d'un principe à un autre, car le saut est toujours brusque entre deux principes chimiques définis et entre eux les intermédiaires n'existent pas. Du reste, l'adaptation au milieu extérieur ne saurait produire que des effets très lents et continus; au contraire la symbiose des plasmas vivants, lorsqu'elle est réalisable, doit avoir pour conséquence nécessaire la variation brusque du fonctionnement du plasma résultant et par conséquent de ses produits.

C'est ce que j'exposais en 1886 dans mon Mémoire *Sur le mécanisme de la variation des êtres vivants* (1). J'expliquais dès lors ces variations brusques observées chez les plantes et les animaux eux-mêmes, par la *coalescence* de plasmas étrangers, fécondatifs ou végétatifs, venant modifier les plasmas normaux de l'être. C'est l'époque même où de Vries allait commencer ses études sur les *Œnothera* dont les variations ou *mutations*, aptes à être reproduites par semis, firent l'objet de son célèbre Mémoire publié cinq ans après (1901). On a vu que L. Daniel a relevé de son côté la transmissibilité par la graine de plusieurs des variations qu'il introduisait par la greffe. Depuis, les remarques de MM. Blaringhem et Viguier (1910) sur les variations de la *Capsella bursa pastoris* (2) et les observations publiées de divers côtés (Molliard, Gaertner, Charabot et Ebray, etc.) ont confirmé ces faits de variations brusques que je rattache pour la plupart à la coalescence de plasmas étrangers, fécondants, végétatifs, virulents ou zymasiques, variations dont mes recherches sur les catéchines, les tanins, les chlorophylles et surtout les pigments de la vigne, éclairent le mécanisme moléculaire intime.

C. — La coalescence des plasmas végétatifs, somatiques ou virulents est autrement puissante que la fécondation sexuelle croisée pour associer les espèces et produire des races nouvelles. Cette coalescence, en effet, peut se réaliser, non seulement entre des espèces souvent éloignées, mais quelquefois entre genres

(1) Voir *Hommage à Chevreul*, déjà cité plus haut.
(2) Voir *Hommage à Chevreul*, déjà cité plus haut.

différents, ce que la pollinisation ne saurait réaliser. La pollinisation de la Tomate (genre *Lycopersicum*) par le Piment (genre *Capsicum*) ne peut réussir, alors qu'on obtient la coalescence modificatrice de leurs deux plasmas grâce à la greffe. Celle qu'a réalisée L. Daniel entre *Vernonia* (Composées) et *Xanthium* (Ambrosiacées) amène aussi des variations qu'on ne saurait produire par une fécondation impossible entre familles ou genres différents.

Bien plus, le plasma excitateur de la modification de l'être peut être apporté par des insectes, des microbes, quelquefois par des mycéliums de champignons agissant sur les parties souterraines de la plante (Marin Molliard).

Voici quelques exemples de ces faits imprévus, réalisables en raison sans doute d'une mystérieuse analogie, qui nous échappe encore, entre les plasmas de l'être modifiable et l'excitateur.

Je rapportais, dans mon premier Mémoire de 1886, que sur un Rosier à sépales glabres, un rameau à roses mousseuses apparut un jour au Jardin du Luxembourg à Paris, il y a une cinquantaine d'années. En examinant ce rameau anormal, on trouva (et l'on trouve toujours sur cette variété) que la branche aberrante portait un certain nombre de bédégars à surface mousseuse produits par la piqûre d'un Cynips qui communique au Rosier qui le nourrit et à la galle où il enferme sa larve, la propriété de produire les excroissances moussues qui caractérisent cette variété.

Sur certains pieds de Menthe poivrée (*Mentha piperata*), on voit des rameaux où l'inflorescence prend la disposition de celle d'un genre voisin, le Basilic (*Ocymum basilicum*). Ces rameaux, dits *basiliques*, produisent une essence d'odeur particulière et *dextrogyre*, contrairement à l'essence *lévogyre* et d'odeur poivrée que fournit le reste de la plante. Or MM. Charabot et Ebray ont établi, en 1898, que cette variation si profonde de la Menthe poivrée est toujours due à la piqûre d'un insecte (1).

D'après M. Marin Molliard, les fleurs de *Matricaria inodora*, sous l'influence du *Peronospora radii*, prennent l'aspect des fleurs doubles de Radiées.

D'après les observations de Meehan, rapportées par A. Giard, les *Liatris* et les *Vernonia*, lorsque leurs racines sont atteintes par le mycélium d'un champignon, deviennent rameux, paniculés, à tiges fasciées. Leurs anthères restent inféconds, le

(1) Bull. Soc. Chim., 3e série, t. XIX, p. 119.

pistil est respecté ; d'hermaphrodites, ces plantes se transforment en unisexuées.

Ne semble-t-il pas qu'on doive invoquer ici l'influence d'un virus ou d'une zymase étrangère venant (comme dans le cas du virus vaccinal ou typhique) modifier les plasmas de la plante et son fonctionnement ?

Quelquefois, au contraire, c'est l'une des zymases naturelles nécessaires au développement normal et progressif de l'individu qui, venant à faire défaut, paraît occasionner la variation, comme il advient chez l'homme dans le cas de myxœdème ou lorsque, non encore adulte, on le prive des glandes génitales. Ainsi sans doute doit s'expliquer l'influence des graves mutilations, signalée à plusieurs reprises par M. L. Blaringhem, dans l'apparition d'espèces nouvelles (1). En sectionnant la tige du Maïs au ras du sol, *au moment où le panicule mâle va se développer*, le Maïs dit *de Pensylvanie* se change en *Zea Mays pseudo-androgyna*, espèce nouvelle apte à se transmettre par semis.

Sans doute ces modifications profondes, subites, de la race et et de l'espèce ne sont pas toujours transmissibles par graines, comme celle du Chou greffé d'Alliaire, des *Œnothera* ou du Maïs, mais elles échappent toutes aux lois de l'adaptation lente et successive, et ne frappent qu'un petit nombre d'individus *sur des milliers* soumis aux mêmes conditions extérieures.

D. — Nous concluons que c'est par la coalescence des plasmas vivants, sexuels ou somatiques, agissant par fécondation, greffe, symbioses, parasitaires ou virulentes, quelquefois peut-être par soustraction des zymases nécessaires au développement normal, que se font les modifications plasmatiques et fonctionnelles d'où sont originaires la plupart des races et, sans doute aussi, des espèces actuelles. Les modifications ainsi survenues sont subites et non successives ; elles transforment jusqu'aux principes constitutifs de l'être nouveau. Mais loin d'être monstrueux, les individus et les races ainsi produites ne franchissent généralement pas dans leurs variations les limites au delà desquelles disparaissent les analogies des formes anatomiques, et les principes spécifiques dont sont construits leurs plasmas, tout en se modifiant, conservent leur structure chimique générale.

(1) Comptes rendus, t. 115, p. 6 ; t. 142, 25 juin 1906 ; t. 143, pp. 245, 1249 et 1252.

GÉOGRAPHIE

Nederland als Mijnbouwland (1). — Les carrières et notamment les charbonnages, tous situés dans le Limbourg, commencent à jouer un certain rôle dans la géographie économique, donc dans les moyens de subsistance de la Hollande.

La production des carrières (Montagnes de St-Pierre, à Maastricht, devenues un lieu d'excursion, et Valkenburg, sur la Geul, affluent de la Meuse), ne dépasse pas 3000 M^3 et n'emploie qu'une quarantaine d'ouvriers.

Il y a quelques années on estimait généralement impossible la présence d'un bassin houiller dans ce pays essentiellement plat. Les faits sont venus contredire cette opinion, comme le montre le relevé ci-contre.

Il résulte de ce tableau que le champ houiller de la Hollande couvre 23 130 hectares. Mais on est loin de la réalité ; des sondages récents montrent qu'il s'étend certainement jusqu'à la Meuse (6 000 hectares). D'autre part on estime qu'il existe 1000 hectares de terrain houiller au N.-E. de Vladorp, 2000 à l'Est de Winterswijk, et 16 000 entre Venlo et Ruremonde et dans le district de Peel.

Le charbon (maigre, demi-maigre, gras) extrait en 1908 représente 908 201 tonnes, soit le millième de la production mondiale. Mais l'œuvre n'est qu'à ses débuts.

Le prix par tonne était de 4,06 florins en 1895, et l'import total de 514 053 florins; ces chiffres sont devenus, en 1908, 7,11 florins et 6 240 540 florins. La progression est encourageante.

30 % de la houille extraite sont consommés dans le pays; les 70 % autres sont exportés notamment dans le district d'Aix-la-Chapelle. Si la consommation intérieure est faible, on le doit à la situation du champ minier, rejeté dans le Sud du Limbourg.

L'industrie houillère ne peut pas compter sur la Meuse comme moyen de transport : c'est donc par voie ferrée que l'évacuation devrait se faire vers les grandes villes du pays; or ici les charbons anglais et westphaliens, arrivés par eau, s'obtiennent à plus bas prix.

(1) Par P. Tesch. Tijdschrift van het Koninkl.-Nederl. Aardrijk. Gen. (Amsterdam), 1910, pp. 1-30 et 1 carte dans le texte.

Si nous envisageons la main-d'œuvre, il importe de noter que plus de 5000 personnes ont trouvé, en 1908, le pain quotidien dans le travail des mines, qui ne comptaient il y a dix ans que 489 travailleurs.

SOCIÉTÉS EXPLOITANTES	ÉTENDUE de la CONCESSION (en hectares)	NOMBRE D'OUVRIERS EMPLOYÉS	PRODUCTION annuelle nette en tonnes **année 1908**
Mines domaniales (à *Kerkrade*, bassin de la Worm)	500	800	233.529
Affermées à la Société du chemin de fer Maestricht-Aix-la-Chapelle.			
Willem-Sophia *(Speckholzerheide)*	1106	300	98.392
Orange-Nassau *(Heerlen)*	3379	900	200.725
Mine Charles (Orange-Nassau II) *(Heerlen)*	449	?	140.482
Laura et Vereeniging *(Kerkrade)*	457 + 454 = 911	?	156.380
Neuprick *(Kerkrade)*	85	Abandonné par suite de la trop grande abondance des eaux.	
Territoire minier réservé par l'État :			
a) mine d'État Emma (Réserve)	1520 / 14590 = 16100	Les premiers travaux d'exploitation sont en train.	
b) mine d'État Wilhelmina *(Schaesberg)*	600	?	78.693

Les moyens de transport et de communication au Brésil (1). — Le problème des communications est capital dans tout pays civilisé : mais il l'est surtout au Brésil, où la nature a

(1) A. d'Anthouard, La Géogr., 1910, t. XXII, pp. 23-40.

singulièrement diversifié les différentes parties en y créant notamment de puissantes forces divergentes, et où le pays n'est pas une entité géographique, ni ethnique, mais une délicate conception géographique, en voie de réalisation; son épanouissement et la vie nationale y seront d'autant plus accentués, que le mouvement des hommes, des idées et des produits aura été rapide, facile et étendu jusqu'aux parties les plus reculées du territoire.

Malheureusement la configuration, ou mieux les conditions géographiques contrarient un peu les bonnes volontés. D'une part, les distances sont énormes, et la population peu dense et très éparpillée. D'autre part le pays est constitué par un immense plateau, généralement abrupt du côté de l'est, et séparé de l'Atlantique par une étroite bande de terres basses, qu'échancrent des baies et des embouchures de fleuves ouvrant un accès vers l'intérieur. Au nord, au nord-ouest et au sud-ouest, l'Amazone, qui offre la plus belle voie de pénétration naturelle, et le Rio Paraguay entourent le plateau d'une sorte d'immense canal, interrompu sur quelques centaines de kilomètres, à l'endroit où le plateau se soude aux Andes.

Des rivières très importantes sillonnent ces hautes terres, généralement dans le sens du méridien; si elles forment des biefs navigables précieux, quoique séparés par des cataractes et des rapides, en revanche elles rendent plus pénible, parce qu'elles doivent aborder normalement ces obstacles, l'établissement des voies ferrées, qui sont le prolongement des lignes de pénétration partant notamment des provinces de *Rio Grande do Sul*, de *São Paulo*, de *Rio de Janeiro* et de *Minas Geraes*.

A propos des chemins de fer il faut se demander :

a) Quel est leur état actuel ?

b) A quelles nécessités économiques et politiques ils répondent?

Nous laissons dans l'ombre les résultats de l'exploitation, car il n'y a guère moyen de tabler sur les statistiques brésiliennes, qui sont presque l'enfance de l'art.

C'est en grande partie autour des principaux ports que le rail a commencé à rayonner. En partant de l'embouchure de l'Amazone, il s'est constitué un chapelet de réseaux côtiers plus ou moins considérables, que le Gouvernement cherche à raccorder et à pousser vers l'intérieur, pour les tirer de leur isolement et pour vivifier le pays, tout en drainant ses richesses. Il s'est en quelque sorte formé ainsi deux réseaux construits ou en projet.

A. Un réseau international.

B. Un réseau intérieur et maritime.

Le réseau international est formé 1° par le « chemin de fer central brésilien », formidable artère courant de *Montevideo* (Rép. de l'*Uruguay)* à *Rio Grande do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia* relié à lui-même à *San Luiz*, port du *Maranhâo ;* c'est un parcours de 2752 kilomètres entre *Rio de Janeiro* et *Rio Grande do Sul ;* 2266 kil. entre *Rio de Janeiro* et *Bahia ;* 496 kil. entre *Rio de Janeiro* et *São Paulo ;* 4700 kil. (par mer 5340 kil.) entre *Rio de Janeiro* et *San Luiz ;* de 1663 kil. enfin entre *San Luiz* et *Diamantina ;* — 2° par la ligne *Madeira-Mamoré* (346 kil.), construite tout entière en territoire brésilien. En reliant le bief navigable constitué par les bassins supérieurs du *Madeira*, et de ses tributaires *Mamoré*, *Guaporé*, etc., au cours inférieur du *Madeira*, elle ouvrira les communications entre la vallée de l'*Amazone*, la *Bolivie* et le *Pérou*, et complètera dans une certaine mesure la voie fluviale *Amazone-Paraguay ;* — 3° par trois lignes orientées est-ouest, s'amorçant sur le « chemin de fer central brésilien », ou le coupant, et allant respectivement : *a)* de *Santos*, port de l'État de *São Paulo*, au fleuve Paraguay et à la frontière bolivienne, en passant par *São Paulo*, nœud principal des voies ferrées de l'Union, *Bauru, Itapura, Corumba*, c'est un trajet de 2345 kil. ; il y a 79 kil. entre *São Paulo* et *Santos ;* un embranchement se détache vers la rive droite du *Rio Parana-Panama ;* — *b)* de *São Francisco*, port de *Santa Catharina*, à *Assomption* (capitale du *Paraguay*) ; elle escaladera la *Serra do Mar*, coupera à *Port-Union*, sur la rive droite de l'*Iguassu*, la grande ligne Nord-Sud, et suivant cette rivière, elle atteindra le fleuve *Parana*, qu'elle franchira pour pénétrer dans la République Paraguayenne ; c'est plus de 1200 kil. en territoire brésilien. Au port de *Paranagua*, une voie pénètre vers l'ouest, pour aller rejoindre la précédente, en traversant *Curytiba*, capitale de l'État de *Parana* et *Ponta Grossa* (sur la grande ligne nord-sud, 415 kil.) ; — *c)* de *Rio Grande do Sul* au *Rio Uruguay*, en coupant lui aussi la grande ligne nord-sud ; sur cette voie s'en amorce une autre reliant *Montevideo*.

Le réseau intérieur n'a pas également progressé dans les États du Nord et dans ceux du Sud. Dans les premiers, les distances à franchir sont beaucoup plus grandes ; la colonisation est moins amorcée, car l'immigration européenne ne se porte pas de ce côté, et le développement économique est très lent par ce fait.

Les États de *Bahia*, de *Sergipe*, de *Ceara*, de *Para* sont encore isolés ; ceux d'*Alagoras*, de *Pernambuco*, de *Parahyba*,

de *Rio Grande do Norte* sont reliés entre eux et représentent 1540 kil. en exploitation ; les États de *Piauhy* et de *Maranhâo* sont réunis par une voie de 78 kil. Tous ces réseaux ne tarderont pas à former un seul bloc. Une grande ligne, en construction, part de *São Luiz*, capitale de l'État de *Maranhâo*, et se dirige sur *Caxias* (394 kil.) *Cajazeiras* (78 kil., sur le fleuve *Parnahyba*)) *Therezina* (État de *Piauhy*), *Cratheus* (323 kil.), où elle rencontre le chemin de fer de *Sobral*, qui part de la mer au port de *Camurin* (326 kil.) ; *Girau* (220 kil.), où elle rejoint la voie ferrée (longue de 356 kil.) de *Baturité*, qui, partant de la capitale *Fortalezza*, sur la côte, pénètre dans l'intérieur du *Ceara* ; *Perqueira*, point terminus actuel du chemin de fer central *Pernambuco* (800 kil.) ; plus au sud elle traverse l'État d'*Alagoras* ; *Propria* (rive droite du fleuve *São Francisco*, État de *Sergipe*) ; *Timbo* (réseau de l'État de *Bahia*). La voie ferrée se prolongera au sud de celui-ci, à partir d'*Areia*, terminus de la ligne de *Nazareth* (à 131 kil. de l'Océan), jusque *Figueira* (État de *Minas Geraes*), situé à 351 kil. du port de *Victoria* (capitale de l'État d'*Espirito Santo*) et où aboutit la ligne *Victoria-Diamantina*. Le chemin de fer *Victoria-Diamantina* se rattache dans l'intérieur de l'État de *Minas Geraes* au « chemin de fer central brésilien », et au réseau du *Leopoldina Railway*.

Dans les provinces méridionales la construction des voies ferrées a été poussée avec plus de vigueur. Le tableau ci-dessous, montrant le développement kilométrique des lignes en 1907, le prouve à toute évidence.

ÉTATS			
DU NORD		DU SUD	
Bahia	1363	Rio Grande do Sul	1809
Ceara	543	São Paulo	4042
Para	213	Rio de Janeiro	2422
Alagoras Pernambuco Parahyba Rio Grande do Norte	1540	District fédéral (avec la capitale de l'Union)	174
		Espirito Santo	450
		Minas Geraes	3932
	3659		12829

C'est un total de 16 488 kilomètres ; au 31 décembre 1887, il y avait 9888 kilomètres de voies en exploitation ou en construction. Durant les quatre dernières années divers projets importants ont vu le jour, et le rail, établi dans diverses directions, a un développement de 20 000 kil. De plus, 10 000 kil. de voies sont en construction ou à l'étude, et 14 000 kil. en projets.

Dans le *Rio Grande do Sul*, on a relié à *São Francisco*, à l'ouest, à la grande ligne internationale nord-sud, le port d'*Allegre*, situé sur la grande lagune en bordure du rivage de l'Atlantique. Le chenal d'accès à la mer de cette lagune est l'unique porte maritime de cette vaste région.

Deux grandes artères se détachent de *São Paulo*, pour pénétrer dans l'État de *Goyaz*, et dans celui de *Matto Grosso*. Une ligne intermédiaire relie cette dernière artère au « chemin de fer central du Brésil », à *Itarare*, ville frontière entre les États de *Parana* et de *São Paulo*. Entre ces branches principales se déroule un réseau, qui enserre dans ses mailles la partie centrale de l'État, actuellement la plus riche et la plus peuplée.

Quant aux voies ferrées de l'État de *Rio de Janeiro*, elles se soudent en plusieurs points avec celles de *Minas Geraes* et d'*Espirito Santo*.

Grâce à ce réseau, le *Brésil* aura une ceinture de communications, où la voie ferrée se combinera avec la voie fluviale ; d'autre part, il y aura dans l'intérieur, de grandes voies de pénétration, également mixtes, qui relieront les États côtiers entre eux et aux États du centre, et ouvriront des chemins entre les bassins de l'*Amazone* au nord, et ceux du *Parana* et du *Paraguay* au sud. On attirera ainsi vers les ports maritimes du *Brésil*, le trafic des pays circonvoisins, *Paraguay*, *Bolivie*, *Pérou*. Mais on combattra aussi la dispersion des forces économiques, politiques et sociales, qui s'oppose au développement et à la consolidation de l'unité nationale. Il importe cependant, si l'on ne veut manquer le but visé, de tenir compte de la progression des ressources du pays, et de se défier de la griserie de l'espace. Or le trafic est trop peu dense et les tarifs trop élevés, parce que la voie ferrée traverse des centaines de kilomètres improductifs. Le mal a son origine dans les habitudes routinières de colonisation. Le colon s'avance toujours plus en avant dans l'intérieur, à la recherche de terres vierges qu'il acquiert à vil prix, et qui sans efforts lui donnent d'abondantes récoltes. Mais les frais de transport mangent tous les bénéfices.

Le seul remède à la situation est la substitution de la coloni-

sation *intensive* à la colonisation *extensive ;* il faudra, en d'autres termes, pratiquer la culture rationnelle dans les régions actuellement desservies par le rail, avant d'en ouvrir d'autres. C'est au Gouvernement à ramasser les forces du pays que son étendue disperse, et à éviter de créer d'un seul coup tout l'outillage économique.

En raison des statistiques incomplètes ou défectueuses, nous laissons dans l'ombre les données relatives aux résultats de la construction et de l'exploitation des voies ferrées ; retenons toutefois que les charges de l'*Union* sont assez écrasantes ; elle doit payer une annuité de quarante-trois millions de francs pour les chemins de fer, dont elle a garanti le capital ou assuré les frais de construction.

Le *Brésil* a des *communications par eau* très étendues et de grande importance, qu'il s'agisse des relations extérieures ou intérieures.

Le rivage maritime a plus de 6000 kilomètres ; les voies fluviales sont innombrables. L'*Amazone* est navigable sur plus de 6000 kilomètres, et ses principaux affluents sur plus de 40 000 kilomètres.

Le cours supérieur du *São Francisco* a un bief navigable de plus de 1700 kilomètres pour des bateaux de 500 à 2000 tonnes. Mêmes facilités de communication dans les États de *São Paulo, Parana, Matto Grosso, Rio Grande do Sul.*

Les marchandises importées en 1908 représentent 18 674 000 tonnes. Elles entrent notamment par les ports de *Manaos* dans une situation magnifique, bien que placé à plus de 1800 kilomètres dans l'intérieur (tonnage en 1908 : 1 124 000 tonnes) ; *Belem* ou *Para*, à l'entrée de l'*Amazone* (tonnage des entrées et des sorties en 1908 : 2 398 000 tonnes); *Recife* ou *Pernambuco* (tonnage en 1908 : 2 178 000 tonnes) ; *Bahia* (tonnage en 1908 : 4 456 000 tonnes) ; *Rio de Janeiro*, le grand centre du cabotage brésilien (tonnage en 1908 : 9 261 000 tonnes) ; *Santos*, situé dans l'État de l'Union dont l'activité économique est la plus intense (tonnage en 1908 : 6 094 000 tonnes) ; *Paranagua*, peu développé encore, mais centre d'élection de la colonisation européenne (tonnage en 1908 : 1 127 000 tonnes) ; *Rio Grande do Sul*, sur la lagune de *Los Patos*, longue de plus de 1800 kilomètres et large de 50 à 60 kilomètres (tonnage en 1908 : 1 116 000 tonnes); *Corumba* (sur le fleuve *Paraguay*), à 3000 kilomètres de l'embouchure de la *Plata ;* son mouvement commercial est peu considérable.

En 1907, le Gouvernement fédéral administrait 28 629 kilomètres de lignes télégraphiques ; les chemins de fer 17 243 kilomètres ; les États 1000 kilomètres ; on comptait en outre 21 000 kilomètres de câbles sous-marins côtiers et fluviaux.

Le Maroc et ses richesses naturelles (1). — Le *Maroc* forme dans l'ouest le prolongement de l'*Algérie*. Bien que certaines parties du *Maghreb* (pays du couchant) soient très peu connues, les grandes lignes du relief apparaissent assez clairement. Deux chaînes principales forment l'ossature du système orographique. L'une, intérieure, l'*Atlas*, prolonge la chaîne algérienne, partie de la *Syrte*, et aboutit à l'*Atlantique*. L'autre, côtière, borde la Méditerranée occidentale, jusqu'au détroit de *Gibraltar :* c'est le *Petit Atlas* de Ptolémée, ou *Rif*.

L'*Atlas marocain* comprend le *Haut Atlas* ou *Grand Atlas ;* il va du haut *Guir* au cap *R'ir,* avec des sommets de 4000 et 4500 mètres d'altitude, tels le *Tamjout* et l'*Ari Aïachi*. Une chaîne basse qui s'en détache au *Djebel Sirona*, pour s'épanouir dans le *Tazeroualt,* s'appelle l'*Anti Atlas*. Enfin le *Moyen Atlas*, dont le point culminant peut atteindre 4000 mètres, s'étend au nord du *Haut Atlas* entre *Marrakech* et le massif des *Beni Snassen*, jusqu'à la frontière algérienne.

Ces rides montagneuses, notamment dans le *Haut Atlas*, sont disposées en arcs de cercles ; cette disposition peut s'expliquer, d'une part par les efforts de plissements qui ont poussé la chaîne tertiaire vers le nord, et surtout d'autre part par le fait que les cours d'eau du flanc septentrional sont beaucoup plus alimentés par les pluies et la fonte des neiges que ceux du flanc méridional. En effet, le *Haut Atlas* sépare deux climats, l'un saharien, très sec, l'autre atlantique, beaucoup plus humide. Dès lors les rivières nord creusent plus activement la masse montagneuse, et font émigrer vers le sud la ligne de séparation des eaux.

Les puissantes crêtes de l'*Atlas* enserrent de vastes régions de plateaux et de plaines. La plus importante, comprise entre le *Moyen Atlas* et le *Rif,* forme le pays plat des *Chaouia,* des *Zaër,* des *Donkkala* et des *Abda,* qui est souvent qualifié de *Meseta* marocaine, par analogie de structure avec la *Meseta* ibérique ou plateau central espagnol.

Dans le sud s'étendent le *Haouz* de *Marrakech* et le pays du *Sous*, et au sud de l'*Atlas* les vastes plateaux et plaines du *Draa*

(1) Par Louis Gentil, La Géographie. 1910, t. XXI, pp. 310-320 et 12 grav.

et du *Tafilelt*, dont la monotonie est rompue par la longue file de collines du *Djebel Bani*.

Enfin la zone frontière algérienne, encadrée entre les ramifications de l'*Atlas* et du *Rif*, comprend de grandes surfaces de *Gada* ou de plaines, parfois couvertes de lacs salés.

Des sommets de l'*Atlas* descendent des cours d'eau importants; contrairement à ce qui se passe ailleurs dans le Nord de l'Afrique, ils constituent de vrais fleuves en partie alimentés par la fonte des neiges : la *Molouya*, tributaire de la *Méditerranée ;* le réseau hydrographique de l'ouad *Sebod*, l'*Oum er Rbia*, le *Tensift*, l'ouad *Sous*, qui sillonne la grande plaine du Sous ; l'ouad *Draa*, qui irrigue le pays des *Tekna*, etc.

L'orographie actuelle du *Maroc* remonte à une époque géologique récente, au moment où se formait la chaîne alpine.

Le *Rif* contournait primitivement un massif ancien qui s'est effondré sous les eaux méditerranéennes ; il était alors en continuité avec la *Cordillère bétique*. C'est au nord de celle-ci, c'est-à-dire par la vallée du *Guadalquivir* que se faisait la communication entre l'*Atlantique* et la *Méditerranée*. Le détroit nord bétique s'étant obstrué, celui de *Gibraltar* étant de formation récente, et les échanges entre les deux mers n'ayant jamais été interrompus, ainsi qu'en témoignent les données paléontologiques, c'est au sud de la chaîne du Rif qu'un passage interocéanique s'ouvrit ; c'est la conclusion à laquelle arrive *M. Gentil*, à la suite des constatations qu'il a faites dans la région de *Fès*, et dans les *Beni-Snassen*, à la frontière algéro-marocaine. Le canal du seuil de Taza-Fès s'étant comblé à son tour, le détroit de *Gibraltar* s'est ouvert à sa place actuelle, dans la partie la plus affaissée de la chaîne continue *Rif-Cordillère bétique*.

Dans le sud du *Maroc*, l'*Atlas* prolonge la chaîne saharienne et l'étude des plissements qui l'ont fait surgir indique une analogie étroite avec les Alpes. Comme ceux des *Alpes françaises* par exemple, qui, poussés par des forces colossales avaient des tendances à se diriger, à se charrier vers le *Plateau central*, les plissements de l'*Atlas* ont été poussés vers la *Meseta* marocaine comparable, par sa genèse et sa fixité, au massif central français, qui est une sorte de pilier résistant de l'écorce terrestre durant une longue période des temps géologiques.

Il y a mieux : l'*Atlas* ne s'arrête pas à la côte, mais s'enfonce, le voyage de M. Gentil à Agadir, en redonne la preuve, sous les eaux de l'Océan, entre le Cap *R'ir* et la forteresse du *Sous*. On se convainc ainsi que l'*Atlas* marocain, prolongement de la

grande chaîne des *Alpes*, plonge sous l'*Atlantique*, pour émerger aux îles *Canaries*, aux îles du *Cap vert*, dans l'archipel des *Antilles*, et reprendre son trajet subaérien, longeant d'abord le *Pacifique* pour revenir vers l'*Europe*, à travers l'*Asie*, par l'*Himalaya* et le *Caucase*.

Les richesses naturelles d'un pays peuvent se grouper en deux catégories; les richesses minières, dépendent uniquement de la nature du sous-sol; les richesses agricoles, auxquelles sont liées les questions hydrologiques et forestières, participent de la structure géologique du pays et de son climat.

Quel est l'avenir minier du *Maghreb* ? Le travail des prospecteurs n'est pas assez avancé pour permettre des conclusions définitives, mais il semble, bien que les ingénieurs n'aient point rencontré de gîtes métallifères dans la *Chaouia*, qu'on peut cependant être assez optimiste ; le *Magreb* constitue, en effet, dans l'*Afrique du Nord*, la contrée qui offre les plus grands affleurements de terrains primaires, c'est-à-dire de ceux qui ont le plus de chance d'être minéralisés.

Dans le bassin situé au sud de l'*Atlas* oriental, dans le *Guir*, on a trouvé des traces de charbon dans des sédiments qui rappellent certains niveaux houillers d'Europe; mais l'étude du bassin géologique n'est pas assez avancée pour qu'on puisse définitivement se prononcer.

Au point de vue agricole, le Maroc permet les plus belles espérances.

La variété des climats est grande dans ce vaste quadrilatère, flanqué de deux mers, et offrant de grandes étendues d'altitudes élevées; la composition du sol étant d'autre part très variable, il se rencontre dans le pays des zones agricoles très diverses.

La région montagneuse ne se prête guère qu'au développement des essences forestières; le cèdre est très répandu dans le *Haut Atlas*, le *Moyen Atlas* et le *Rif*.

Sur les plateaux et les plaines on trouve le chêne-liége dans les terrains siliceux des *Zaër* et des *Zemmour* (littoral atlantique); le thuya à gomme sandaraque a de l'importance dans les régions méridionales; l'arganier, un bois de fer, l'un des rares représentants d'une flore tropicale actuellement disparue, s'épanouit dans la région littorale comprise entre *Safi* et l'*Anti-Atlas*, surtout dans le *Sous*; dans le *Draa* et le *Tafilelt* on cultive le palmier; l'amandier de la région du *Haouz* et de la zone littorale des *Ida* ou *Taman* constitue une véritable richesse pour

le *Maroc méridional*. C'est à l'olivier toutefois que semble réservé le plus brillant avenir. Des centaines d'hectares en sont couverts, notamment dans les terrains tertiaires situés aux pieds du *Zerhoun* et dans les abords de *Fès*.

Quelque intérêt que puisse offrir le *Maghreb* par l'arboriculture ou par ses richesses forestières, il est avant tout, au point de vue agricole, un pays nord-africain, c'est-à-dire éminemment apte à la culture des céréales. Dans les régions septentrionales, partout où affleurent les terrains tertiaires de l'ancien détroit sud-africain, il est comparable au Tell algérien, partageant son sol et son climat, et par le fait sa fertilité.

Toutefois c'est surtout dans la région des tirs ou terres noires que se trouve le grand avenir agricole du Maroc.

Entre *Rebat* et *Safi*, soit sur une longueur de 400 kilomètres, le littoral atlantique est bordé par une zone, profonde d'une centaine de kilomètres, et caractérisée par des terres désignées sous le nom de *tirs* lorsqu'elles sont noires, de *hamri* si elles sont rouges, dont la fertilité est comparable à celle des sols les plus riches du monde tels les *tchernozion* de la *Russie méridionale*.

Quel est le mode de formation de ces terres ? La zone atlantique jouit d'un éclat humide, entretenant dans la saison des pluies une végétation herbacée très vigoureuse qui dépérit à l'approche de l'été. Il s'accumule ainsi sur le sol, avec les produits azotés résultant de la décomposition de ces plantes, les résidus argileux, potassiques et phosphatés, provenant de la dissolution de terrains calcaires.

Les *tirs* et les *hamri* ont la même origine, mais les premières sont plus riches en produits azotés et plus rapprochées de la mer. Leur épaisseur varie depuis quelques décimètres jusqu'à plusieurs mètres. Ces inégalités s'expliquent par l'entraînement constant, sous l'influence du ruissellement, de la terre végétale qui est ainsi transportée dans les dépressions ou dans les *ouads*. Aussi importe-t-il de lutter contre ces ravages, en bordant les ravins de petits bois ou d'arbustes qui empêcheraient l'entraînement à la mer, ou en pratiquant la mise en jachère qui arrêterait momentanément la dénudation et permettrait de réparer, si elle était pratiquée assez souvent, les pertes subies par les terres cultivées sous l'influence des pluies orageuses.

Quelles que soient les richesses naturelles du Maroc, son exploitation économique est subordonnée à deux éléments primordiaux : voies de communication et eau. Il faudra songer

tout d'abord à l'alimentation en eau potable des villes marocaines : *Casablanca, Tanger, Mogador, Mazagan, Safi, Agadir, Fès, Marrarech* ; puis il importera de s'occuper de l'irrigation. Celle-ci est de premier ordre dans le Sud marocain, où la sécheresse est plus grande, et où la culture du coton sera peut-être praticable.

Les grandes lignes de pénétration seront commandées par les richesses naturelles du pays. C'est ainsi que la jonction entre l'*Algérie* et la côte atlantique se fera d'*Ougda* à *Casablanca*, devenu un grand port, par *Taza* et *Fès*.

Pour relier ce dernier centre à *Tanger*, on côtoyera la grande plaine de *Sebou*, dont les alluvions argileuses, parfois enrichies par une ancienne végétation marécageuse, sont très fertiles.

Une ligne traversera la *Meseta* marocaine, dans la zone des tirs, et longera le littoral du Sud jusqu'au *Sous*. Elle mettra en communication à travers les *Chaouia*, et les riches plaines des *Doukkala* et des *Abda*, *Casablanca* avec *Safi*, devenue le port de *Marrakech*, auquel elle sera reliée par le rail.

Enfin l'encerclement du sud du *Maroc* s'imposera un jour par le prolongement vers l'Ouest de la voie ferrée de *Colomb-Bechar* et cette ligne, après avoir traversé les luxuriantes oasis du *Tafilelt*, peut-être aussi quelque gisement de houille, coupera l'*Atlas* au col de *Telouet*, le passage actuel des grandes caravanes du *Sahara occidental*.

Peut-être une ramification de cette artère longera-t-elle au sud le *Haut-Atlas*, en passant par l'un des cols du massif du *Djebel-Siroua*, comme le *Tizi n Ougdour*, pour aller drainer des minerais divers et des productions, coton, canne à sucre, susceptibles de croître dans ces régions subtropicales et bien arrosées, pour aller alimenter le port d'*Agadir*, la reine des rades de la côte atlantique.

Les expéditions des Scandinaves en Amérique devant la critique. Un nouveau faux document (1). — C'est un joyau de plus ajouté au riche écrin d'œuvres colombiennes publiées par l'auteur, secrétaire de l'ambassade des États-Unis d'Amérique à Paris.

Comment connaissons-nous les voyages des *Scandinaves ?* Par d'anciennes *Sagas* et chroniques islandaises ; les *Sagas* sont des

(1) Par Henri Vignaud, Extrait du JOURN. DE LA SOC. DES AMÉRICANISTES DE PARIS, Nouv. série, t. VII, 1910, 34 pp.

récits en prose transmis oralement et ayant pour sujet la vie et les gestes mémorables d'un roi, ou d'une famille d'un chef célèbre. Quand on entreprit de les fixer par l'écriture, vers le XIIIe siècle, on les transcrivit sur des peaux ; mais ces anciennes transcriptions ont disparu ; et il ne reste pas de copies antérieures au XIVe siècle ; leur véracité a été constatée sur nombre de points.

Les principales des anciennes chroniques, rapportant les aventures maritimes dont les traditions ont gardé le souvenir, remontent au XIe et au XIIIe siècles.

Ces sagas et ces chroniques ont été plusieurs fois éditées en textes originaux ou traduites en langues usuelles.

Que disent les anciens documents des expéditions maritimes qui auraient eu pour résultat la première découverte de l'Amérique, ou auxquelles la plupart des auteurs donnent pour destination le Nouveau Monde ?

Le premier de ces voyages est celui de l'islandais *Are Marson,* qui partit d'*Islande* vers 952, et aborda après six jours de navigation à une terre appelée tantôt *Huitramanaland*, tantôt *Islande la Grande*, où il trouva des chrétiens de race blanche.

Après *Marson,* vint *Biarni Heruilfson ;* en allant d'*Islande* au *Grönland,* il fut entraîné dans une autre direction et vit successivement trois terres caractérisées par des bancs de grosses pierres, soit par de nombreux arbres, ou par des glaciers.

La troisième expédition fut plus importante. *Leif*, fils d'*Eric le Rouge*, le colonisateur du *Grönland,* retrouva vers l'an 1000 ou 1002, les terres que *Biarni* n'avait fait qu'apercevoir. Il appela la première *Hellulaud,* la deuxième *Markland.* La troisième fut qualifiée *Vineland*, parce qu'on assurait que la vigne y croissait naturellement ; on aurait même constaté la présence de blé sauvage et une température douce.

Leif ne tarda pas à retourner au Grönland. Un *Islandais* habitant ce pays, *Thorfine Karlsefni*, continua ses découvertes ; il séjourna trois ans au *Vineland* (XIe siècle), puis revint se fixer définitivement au *Grönland.*

Où faut-il placer ces diverses terres ? Les *Sagas* ne fournissent aucun élément pour trancher la question dont la solution a varié avec le temps. D'après *Adam de Brême* (XIe siècle), le premier auteur qui parle du *Vineland,* celui-ci est une île située dans la région arctique, ou tout au moins dans l'*Océan septentrional ;* or trois anciens manuscrits scandinaves, datant du XIIIe et du XIVe siècles, portent que c'est au sud du *Grönland* que se trouvent

le *Helluland*, le *Markland* et le *Vineland*, et que cette dernière contrée est considérée comme faisant partie de l'*Afrique*, ou comme y étant attachée.

Le premier qui plaça l'île de *Vineland* dans le *Nouveau Monde* et non loin du *Grönland* est l'islandais *Jonsson Arngrim* (1568-1648), coadjuteur de l'évêque de *Holar* (Islande). Au commencement du XVIIe siècle (ilafniae, 1705), *Tormod Torfaeus*, érudit islandais, exprima, dans son histoire du *Vinéland*, l'opinion que celui-ci est *Terre-Neuve*. On vit dès lors *Robertson*, le premier historien moderne de l'*Amérique*, *J. R. Forster* et *John Barrow*, les deux premiers historiens des découvertes arctiques, d'autres encore, placer le *Vineland* en *Amérique ;* leur idée fut étayée par *Rafn*, qui publia les textes islandais dans leur forme originale, et substitua des informations exactes aux vagues indications géographiques fournies par les Sagas ; le théâtre des explorations scandinaves était la *Nouvelle Angleterre*. La thèse de *Rafn* fit son chemin, bien que les faits sur lesquels elle repose ne sont rien moins que prouvés et qu'il n'y a là qu'une hypothèse, basée sur des vraisemblances, dont aucune n'est concluante.

Certains critiques ont cependant fait des réserves : *Hugh Murray* (1829), *Muñoz*, *A. J. Weise* (1884), *George Bancroft* (1839), *H. Howe Bancroft* (1886), *Avery* (1904). Et l'on peut dire qu'il ne reste plus rien des preuves (!) de la découverte précolombienne de l'*Amérique* par les *Scandinaves*.

Les distances que comporte l'itinéraire assigné aux explorations scandinaves, ne peuvent être parcourues dans le délai fixé par les Sagas. D'autre part, il est impossible de déduire des indications astronomiques relevées dans la Saga, ou de la description physique des indigènes et de l'existence de la vigne et du blé sauvage, aucune donnée certaine sur la situation du *Vineland*, qu'on place entre 40°24′ et 59° lat.

Si l'on envisage le point de vue archéologique, il faut constater absence complète, dans la *Nouvelle Angleterre* particulièrement, du moindre vestige matériel authentique du séjour des *Scandinaves* aux *États-Unis*. Nous disons authentique, car il existe des documents apocryphes ou qui n'ont pas l'origine qu'on leur a attribuée. *M. Vignaud* signale le squelette trouvé en 1831, près de *Fall River*, dans le *Massachusetts*, le moulin de *Pierre de Newport*, *Rhode Island*, enfin une série d'inscriptions. La plus ancienne est celle du *Dighton-Rock*, sur la rivière *Taunton (Massachusetts)*, où *Rafn* et d'autres scandinavistes enthousiastes

ont reconnu des caractères runiques ; mais les savants du Bureau ethnologique de *Washington* ont montré qu'il s'agissait d'une inscription du type algonkin, des pétroglyphes américains. Parmi les plus récentes il faut signaler celle figurant sur une pierre tombale découverte en 1867 près de la cascade que forme le *Potomac*, dans le voisinage de *Washington ;* dès 1869, l'*Historical Magazine* dévoilait qu'il n'y avait là qu'une mystification, dont l'auteur était l'avocat *Conan*, du barreau de *Washington*.

En 1909 on signalait qu'une grosse pierre, datant du XIVe siècle (1362), mais où les lettres de l'alphabet moderne auraient remplacé les caractères runiques, avait été trouvée à quelques kilomètres du village de *Kensington*, dans l'État de *Minnesota*. Malgré l'opinion de la Société historique de cet État, divers professeurs d'universités américaines se sont prononcés contre l'authenticité de l'inscription.

Il ne sert en somme comme preuve de la découverte du *Vineland* par les *Scandinaves* que les *Sagas ;* ceux-ci étant muets sur la situation géographique de ce pays, on ne peut faire que des suppositions. Si l'on admet que l'Amérique a été visitée, ce ne peut pas être dans une des régions tempérées de la Côte orientale. Plutôt que de subir les rigueurs climatériques du *Grönland,* où ils avaient fait des efforts surhumains pour s'établir, les *Scandinaves* ne se seraient-ils pas empressés d'émigrer, s'ils y avaient réellement abordé, en de parages plus cléments, avec lesquels ils communiquaient si facilement ?

En conclusion faut-il contester aux *Scandinaves* l'honneur d'avoir abordé au continent américain avant *Christophe Colomb ?* Si l'on ne peut pas trancher cette question, il y a du moins des raisons d'admettre que la navigation, consignée dans les Sagas, s'est faite entre le *Grönland* et le *Labrador,* et d'accepter comme vraisemblable l'hypothèse d'après laquelle les *Scandinaves* du *Grönland* furent les premiers *Européens* qui foulèrent le sol du Nouveau Monde. Mais il ne faudrait pas exagérer l'importance de ce fait, dit en conclusion M. Vignaud. La découverte des *Scandinaves* n'eut aucune influence sur l'histoire de la civilisation et ne tient aucune place dans la suite des événements par lesquels nous sommes graduellement arrivés à la connaissance du globe. Elle n'aurait point eu lieu que nous serions tout aussi avancés. Il est donc absurde de poser les islandais *Leif* ou *Karlsefni* en rivaux ou en précurseurs de *Colomb*. Le découvreur de l'*Amérique* est celui qui mit les deux mondes en communication. La découverte des *Scandinaves* est restée aussi inutile

à l'humanité qu'elle paraît l'avoir été à eux-mêmes : elle est comme si elle n'avait jamais été faite.

L'Année cartographique. — Supplément annuel à toutes les publications de Géographie et de Cartographie, dressé et rédigé sous la direction de F. Schrader.

Trois feuilles doubles de cartes en couleurs avec un texte explicatif au dos.

A. 18e année [1907]. Paris, Hachette, octobre 1908. *Feuille d'Asie* : Frontière du *Cambodge* d'après les travaux de la commission française de délimitation entre l'*Indo-Chine* et le *Siam* (1904-07); Frontière de *Louang-Prabang* d'après les travaux de la commission française de délimitation entre l'*Indo-Chine* et le *Siam* (1904-07); — Expédition de la *Khatanga* (1905-06); — Voies ferrées de l'*Asie Turque* : — Essai d'hypsométrie de l'*Asie Mineure*.

Toute la région du *Louang-Prabang*, notamment entre *Xieng Khong* et *Muong-Lom*, est couverte d'une série de chaînes parallèles se dirigeant du S. S. O. au N. N. E., qui semblent prolonger les chaînes de cette direction dans la presqu'île de *Malacca*. Ces chaînes très élevées (*Khao-Mieng* 2300, *Phu-Ké* 2115 mètres), complètement boisées, forment un gros obstacle entre le *Mekong* et la vallée de la *Menam*. Elles ne présentent guère que deux passages, celui de *Outaradit* à *Pak-Lay* avec un col presque insensible, et celui de *Dan-Saï*. Les chaînes s'abaissent aussi dans le prolongement de la vallée de la *Ménam*, n'atteignant plus guère que 1000 à 1200 mètres dans la région de *Xieng-Lom*, tandis qu'on trouve 1800 mètres à l'ouest et plus de 2000 à l'est.

Dans le *Cambodge* toute la région du *Grand Lac* (13e lat. N.) semble formée par l'effondrement d'une immense dalle gréseuse, ayant sa ligne de plus grande pente du N. O. au S. E. Le relief du terrain qui en est résulté est formé par les bords de la cassure, le *Phnom Dangrek* ou *Phou Den Muong*.

Le grés est cassé suivant deux directions perpendiculaires dont l'une est parallèle à celle des chaînes laotiennes. La chaîne s'élevant de l'ouest à l'est tombe à pic sur le *Cambodge*, et s'étend en un glacis presque insensible du côté de la vallée de la *Semounne*; au sud l'on retrouve encore ces grès, toujours cassés dans les mêmes directions, formant notamment la grande chaîne qui borde la mer de *Chantabonne* à *Hatien*, mais qui est dotée en son sommet de quelques affleurements de roche éruptive.

L'exploration de M. *Helge Backlund* a apporté à la topographie du Nord de la *Sibérie* une contribution fort importante, qui modifie radicalement les notions fantaisistes de la carte sur 1/4 200 000, publiée par le dépôt de la Guerre russe. Bornons-nous à signaler que le cours de la *Khatanga* et celui de son affluent de gauche, le *Kotoui*, sont reportés vers l'est d'environ trois degrés, et que le lac *Voievoli* (68° N. 67° E. de P.) long de près de 100 kilomètres et large de 30 kilomètres, doit faire place à une modeste nappe d'eau de 5 à 6 kilomètres de diamètre et située à 150 kilomètres plus au Sud.

M. *Autoff* ne s'occupe pas seulement dans sa notice, des voies ferrées de l'*Asie Mineure*, mais aussi de celles de toute l'*Asie* et surtout des chemins de fer de l'*Empire chinois* qui ont pris un sérieux développement.

La *Feuille d'Afrique* est surtout consacrée à l'*Afrique Française* : *Sahara méridional* ; — *Congo français* (régions occidentales); — *Maroc*. Le *Haut Atlas* et le massif du *Siroua*; — Territoires du Sud (de l'*Algérie*). Nouvelle réorganisation administrative; — *Liberia*, d'après les travaux les plus récents et le traité de délimitation Franco-Libérien du 18 septembre 1907.

M. *Chesneau* signale la plupart des explorations qui ont eu l'*Afrique* pour théâtre, montre les progrès réalisés par les voies ferrées et donne d'intéressants détails sur la solution du problème des affluents supérieurs du *Logone*.

Grâce aux missions *Lancrenon*, *Lenfant* et *Moll*, on connaît en détail la région du faîte hydrographique où naissent le *Lom*, les affluents de tête de la *Sanga*, le *Bahr Sara* et le *Logone*. Pour faciliter l'accès de l'*Ubangi-Chari* et pour ravitailler, surtout en bétail, très abondant dans les plaines d'inondation voisines du *Tchad*, la région forestière de la *Sanga*, où l'élevage a été reconnu impossible, les missions susdites avaient été chargées de trouver une voie plus commode que celles actuellement en usage, savoir : voie du *Soudan* et du territoire de *Zinder*; voie de la *Bénoué*, *Mayo-Kebbi*, *Toubouri*, *Logone* ; enfin la voie du *Congo*, *Ubangi-Chari*, la meilleure pour la relève des Européens, mais qui est longue, pénible à suivre, et infestée en grande partie par la mouche tsétsé.

Après avoir, de 1905 à 1907, franchi trois fois la ligne de faîte qui sépare les différents bassins de la *Sanga*, du *Logone* occidental, et du *Logone* oriental ou *Bandout*, le lieutenant *Lancrenon* releva, depuis son confluent avec le *Mbéré*, le cours du *Logone*, demeuré jusqu'alors inexploré ; la rivière, large de 80 à

300 mètres à *Baïbokoun*, et même de 500 mètres au confluent du *Bandoul* est très facilement navigable à partir des rapides de *Kaïtia*, un peu au sud du 8° lat. N., et même plus loin en amont en saison d'hivernage. Il découvrit aussi la rivière *Pendé*, dont le Commandant *Lenfant* releva, en 1906, le cours jusqu'à son confluent avec le *Logone* occidental. Le Commandant sillonna toute la région située entre le bassin du *Pendé* et l'*Ouahme-Bahr-Sara*, et constata que le débit du *Ouahme-Bahr-Sara* dont il releva le tracé depuis sa source, est au confluent du *Chari*, près de *Fort Archambault*, de deux à quatre fois plus fort que celui de ce fleuve. Il faut donc considérer cette rivière, et non le *Ba Mingui* comme la branche initiale du *Chari*, le principal tributaire du lac *Tchad*, et la voie *Pendé-Logone* comme la route ouverte aux convois de bétail, destinés au bassin de la *Sanga*.

Il est établi d'autre part que le massif de *Yadé* ou *Dé* constitue le nœud orographique de la contrée. Son altitude maxima ne dépasserait pas 1500 mètres, mais sa largeur atteindrait près de 400 kilomètres. Ses cavernes, comme celles du massif des *Tari*, plus à l'est, sont habitées par des tribus de troglodytes. C'est au pied du second escarpement formé par le massif de *Yadé*, et marqué, près de *Baïbokoun*, par le mont *Boumbabal*, que commence l'immense et fertile plaine du *Tchad*.

Dans la région du *Toubouri*, la mission *Moll* a constaté que l'écoulement des eaux se fait tantôt dans le sens de l'est à l'ouest, en saison sèche, tantôt dans le sens contraire, suivant l'intensité des eaux. En temps d'équilibre, c'est dans le sens du *Mayo-Kebbi*, c'est-à-dire vers la *Bénoué*, que se fait sensir le courant; mais quand les pluies sont abondantes, le *Toubouri* se vide par ses deux issues, et la dépression n'est plus qu'un vaste lac, où le courant n'est pas appréciable.

Quatre esquisses cartographiques figurent sur la feuille d'*Amérique* : Itinéraire à travers les provinces de *Chiquitos* et *Velasco* (Bolivie orientale) par *J. B. Vaudry*; — Exploration de la région occidentale (extremo sertão) (1) de l'*État de São Paulo* (Brésil), par la commission géographique et géologique de cet État (ses travaux ont commencé en 1886); — L'Orient Péruvien. Versant Amazonien du *Pérou* et ses rapports avec le *Brésil* et la *Bolivie*; — Frontière entre la *Colombie* et le *Brésil* (traité du 24 avril 1907).

Dans la notice qu'il a rédigée, M. *V. Huot* montre le progrès

(1) Les sertâos sont de vastes plateaux non encore peuplés.

que la topographie a fait particulièrement au *Brésil*, dans la *Colombie*, au *Chili*, au *Pérou*, dans la *Bolivie*.

B. 19e année [1908]. Paris, Hachette, octobre 1909. Feuille d'*Asie*. *Arabie*. Itinéraire des Capitaines *Butler* et *Aylmer*; — *Turkestan chinois* et *Chine occidentale*. Itinéraire du Dr *A. Stein* et de M. *d'Ollone*; — *Haï-Nan*. Exploration de M. *Cl. Madrolle*; — Itinéraire du Dr *Sven Hedin* à travers le *Tibet* (1906-08).

Notons ces quelques détails de la mission *d'Ollone*. Dans le *Se-Tchouan* elle fit des découvertes archéologiques, notamment celles de temples souterrains bouddhiques et de statues taillées dans le roc, hautes de 20 mètres. On constata chez les *Si-Fans* indépendants *(Tibet)* que le fleuve *Jaune* coule à 100 kilomètres du point où le portent les cartes, d'où remaniement complet du système hydrographique et orographique de ce pays. Le grand massif montagneux de *Yong-Ning* à *Ouei-Ning* par *Tchen-Hiong*, sépare les bassins de chacun des segments de l'immense coude que le *Yang-Tse* décrit autour de lui. Une des particularités de cette région tourmentée, c'est le grand nombre de cours d'eau qui se perdent dans une anfractuosité de la montagne et ressortent très loin de là sous un autre nom, sans qu'on se doute d'où ils viennent.

Le 16 octobre 1905, le célèbre explorateur suédois, Dr Sven Hedin, reprit pour la cinquième fois, le chemin de l'*Asie centrale*. Le 13 juin 1906 il gagna *Leh*, la capitale du *Ladak*, située sur les confins du plateau tibétain. Pour arriver à l'*Aksaï-Tchin* région tibétaine indépendante, que nul traité n'a attribuée aux domaines du Maharadja du *Kachmir* ou à ceux du *Dalaï-Lama*, l'expédition dut s'acheminer à travers d'énormes montagnes, toutes ramenées au même niveau par le lent travail de démolition des agents atmosphériques. En un autre point l'œuvre de destruction ou de nivellement est telle que les dépressions ont été comblées par les produits des cimes arrasées.

Pour arriver au lac de *Dangra-Youm-Tso*, *Sven Hedin* traversa, sur 800 kilomètres, une région absolument inconnue dans sa plus grande étendue. Puis ce fut une suite ininterrompue de montées et de descentes à plus de 4000 mètres, pour arriver après le 11 janvier 1907 au *Sela-la*, où se trouve le faîte de partage des eaux entre les bassins fermés du Tibet central et celui du *Brahmapoutra*. La chaîne de *Nien-Tchien-Tong-La*, à laquelle appartient le col de *Sela*, est une ligne orographique d'une importance capitale, et présente, avec d'autres chaînes qui la prolongent à l'ouest, un ensemble orographique que *Sven-Hedin* propose d'appeler *Trans-Himalaya*.

Après s'être reposé dans la vallée souriante du *Brahmapoutra* où ses yeux purent se reposer des perspectives stériles, l'explorateur reprit le chemin de l'ouest pour s'engager sur le plateau du *Tibet*. Il s'approcha, mais défense fut faite d'y aborder, au *Dangra-Youm-Tso*, le grand lac tibétain vu déjà par le pandit *Nain-Singh*. Puis il arriva le 12 mai à *Raga-Tasam*, station de la grande route de *Leh* à *Lhassa*, après avoir recoupé pour la troisième fois le *Trans-Himalaya*, chaîne que *Sven Hedin* considère comme la plus importante acquisition qu'il apporta à la science géographique. Cette formidable masse est une des plus puissantes protubérances de la terre, tant par sa longueur que par sa largeur et son altitude. Du *Noub-Kong-La* au *Ladak*, sa longueur est de 1700 kilomètres mais à l'est du col de *Noub-Kong*, la chaîne continue sur plus de 150 kilomètres; elle est toujours constituée par deux, mais généralement par trois ou quatre chaînons. Au sud la chaîne est limitée par les vallées du *Brahmapoutra* et de l'*Indus*. Au nord le *Trans-Himalaya* se termine aux bassins lacustres, groupés en rangée très régulière. Les montagnes situées au nord de ce chapelet de lacs peuvent être appelées *Alpes Centrales du Tibet*. La largeur du *Trans-Himalaya* est de 200 kilomètres; celle de l'*Himalaya* dépasse 300 kilomètres.

A part un croquis, où sont portées les nouvelles positions géographiques déterminées par les Commissions scientifiques organisées au *Venezuela*, la feuille d'*Amérique* est entièrement consacrée aux régions polaires : Expédition anglaise du *Nimrod* dans l'*Antarctique*, commandée par le lieutenant *Shackleton* (1907-09); — *Alaska*, d'après les sources américaines les plus récentes; — Expédition *Mylius-Erichsen* au *Grönland-Nord-Oriental*.

Une partie du texte de la feuille d'*Amérique* est consacrée aux explorations polaires récentes, dont M. *Huot* donne un rapide aperçu, et aux progrès cartographiques réalisés en divers pays de l'*Amérique du Nord* et de l'*Amérique du Sud*. Signalons particulièrement, à propos du *Venezuela*, qu'entre le cours de l'*Orénoque* et le littoral de la mer des *Antilles*, la plupart des lieux habités sont très sensiblement reportés vers le nord-ouest; les écarts vont souvent jusqu'à un demi degré en latitude et un tiers de degré en longitude, différence énorme, car il s'agit de points situés à moins de 100 kilomètres de la côte; le rio *Apure* se déplace d'une cinquantaine de kilomètres vers le nord, ce qui laisse toute la place nécessaire aux nombreux cours d'eau, qui,

au delà, dans la direction du sud, descendent de la *Cordillère* pour se diriger, dans une course à peu près parallèle, vers le rio *Orénoque*. Celui-ci voit se raccourcir sensiblement la longueur de son cours, son embouchure étant ramenée de presque un demi degré vers l'ouest.

Mauritanie, d'après la carte du capitaine *Gérard*; — l'*Aïr*, d'après la carte dressée par le lieutenant *Jean*; — *Sahara central*. Esquisse hypsométrique d'après la carte de M. *R. Chudeau* et les documents les plus récents; — Nouvelle frontière entre le *Congo français* et le *Cameroun* (Conv. du 18 avril 1908); — frontières méridionales d'*Éthiopie*, d'après les derniers traités de délimitation (1907-08). Tels sont les éléments cartographiques formant la feuille d'*Afrique*.

Tout en signalant, dans sa notice, l'état des chemins de fer en *Afrique*, et certaines conventions territoriales signées entre la *France* et l'*Allemagne*, pour la délimitation du *Cameroun* (18 avril 1908); — entre la *France* et la *Belgique*, pour la rectification de frontières dans le *Bas-Congo* (23 décembre 1908); — entre l'*Éthiopie* et l'*Angleterre* (6 décembre 1907) et entre l'*Éthiopie* et l'*Italie* (16 mai 1908) pour la fixation des frontières méridionales de l'empire abyssin, M. *Marius Chesneau* s'occupe des explorations dirigées en *Afrique orientale*, au *Cameroun*, au *Congo belge*, au *Soudan*, et surtout au *Maroc* et au *Sahara*. Les observations concernant la géographie physique des régions sahariennes faites par M. *Chudeau* sont résumées avec soin.

La courbe de 500 mètres délimite, dans le *Sahara central*, un vaste plateau dominé par plusieurs massifs montagneux, dépassant parfois 2000 mètres : massif du *Tibesti* au sud-est, où ses sommets atteignent 2700 mètres; massif de l'*Ahaggar* au centre, où le mont *Haman* s'élève à 2200 mètres. Au sud, les plus hauts pics de l'*Aïr* approchent de 1700 mètres; le *Tassili* des *Azdjer* au nord-est et l'*Adrar* des *Iforhas* au sud-ouest dépassent à peine 1000 mètres, tandis qu'à l'ouest, le massif volcanique d'*Inzize* (800 mètres) domine de 300 mètres seulement la pénéplaine voisine. Autour de ce vaste plateau la courbe de 500 m. découpe quelques zones isolées : *Tademait* au nord, *El Eglab* à l'ouest, *Adrar de Tahoua*, etc., au sud.

On manque de données pour tracer, avec certitude, la courbe de 200 mètres : peut-être la région qui s'étend du bas *Saoura* vers *Taoudéni* est-elle au-dessous de ce niveau, tandis qu'au sud du *Tibesti*, le *Bodélé* s'abaisse à une centaine de mètres au-dessous du *Tchad* (altitude, 275 mètres environ), sans qu'on

puisse savoir exactement comment la dépression se continue vers l'est.

La vaste mare du *Tchad* ne serait donc pas un bassin fermé, car la pente entre le lac et la dépression du *Bodélé* paraît continue dans le lit du *Bahr el Ghazal*, lequel semble se prolonger vers l'est entre le *Tibesti* et l'*Ennedi* par le lit d'un ouad jalonné de nombreux points d'eau, et se perdant dans le désert libyque.

A l'ouest du grand plateau que délimite la courbe de 500 m., un autre bassin fermé (?) semble répondre presque symétriquement à celui du *Bahr el Ghazal :* c'est celui de *Taouéni* où, à une époque relativement récente, venaient converger l'ouad *Messaoud* (prolongeant au sud, l'ouad *Saoura*) et les ouads qui descendent des versants sud du *Mouydir* et des pentes occidentales de l'*Ahaggar* et de l'*Adrar* des *Iforhas*.

Les limites du *Sahara* coïncident au nord avec la limite méridionale des pluies méditerranéennes arrivant surtout l'hiver, et, au sud, avec celle des pluies tropicales qui ne tombent qu'en été.

Les hauts reliefs du *Maroc* rendent la limite du nord assez précise, tandis que vers le *Soudan* la transition est plus largement ménagée.

Au centre du *Sahara*, l'*Ahaggar* et les hauts plateaux qui l'entourent, reçoivent grâce à leur altitude, des averses en toute saison, mais les périodes de sécheresse persistent parfois plusieurs années.

Cette distribution des pluies et la constitution géologique du sol permettent de diviser le *Sahara* en plusieurs zones. Au nord du *Tademaït* s'étend la région des *Erg : Iguidi, Grand Erg*, etc., relativement fertile, parce qu'elle est parcourue par les eaux souterraines issues de l'*Atlas* ou du *Sahara central*, et que les dunes excellent à emmagasiner la moindre averse. De là les chapelets d'oasis échelonnées le long des grands ouads.

Au sud, le *Sahara* targui, placé en dehors des régions très élevées, est stérile. Les dunes y sont rares (les sables, obéissant aux lois de la pesanteur, s'accumulent dans les dépressions situées au-dessous de 500 mètres), et le sol, formé essentiellement de roches imperméables, ne laisse pas pénétrer l'eau qui s'évapore très rapidement. Aussi en dehors de quelques régions privilégiées, où des rochers perméables couvrent la pénéplaine, on n'y peut trouver des points d'eau permanents. Ces régions, où presque aucune végétation n'est possible, sont désignées sous le nom indigène de *tanezrouft ;* c'est le véritable désert.

Vers l'est, le *tanezrouft* change d'aspect; la pénéplaine fait place à une haute plaine formée de grés perméables très épais et très durs, en couches horizontales : c'est le *tiniri*. Le *tiniri* est à peu près aussi dépourvu de végétation que le *tanezrouft;* car ce n'est qu'au voisinage des districts habités par des sédentaires que les *Sahariens* ont pu creuser quelques puits d'une centaine de mètres de profondeur.

Dans la région déprimée de *Taoudéni*, les dunes réapparaissent, mais les ouads, qui y aboutissaient, aujourd'hui ensablés, n'ont plus la force de rouler jusque là l'eau des orages, d'origine trop lointaine. Au sud du *tanezrouft* et du *tiniri* se montre de nouveau, avec la brousse à mimosées, une région de pâturages, d'autant plus riche qu'on s'avance vers le *Soudan*.

F. Van Ortroy.

ETHNOGRAPHIE

Les éolithes de l'éocène parisien de Belle-Assise. — Les éolithes continuent à être l'objet de discussions et d'investigations dans le monde des préhistoriens. De toutes parts on relève des éolithes, dont la confection est due à des causes naturelles. Dans le domaine de Belle-Assise, situé près de Clermont (Oise), M. l'abbé Breuil a recueilli une grande quantité d'éolithes, dans un cailloutis appartenant à l'Éocène inférieur, cailloutis d'argile à silex, reposant sur la craie et surmonté par les sables de Bracheux (1).

Il est évident que la formation de ces éolithes est due à la pression : les morceaux éclatés sont restés ensemble ; ces fragments présentent des cassures nettement conchoïdes avec production du bulbe de percussion et de sa contre-empreinte, qui coïncide avec ce bulbe.

La mécanique qui s'est effectuée au sein de ce cailloutis a produit des fractures, des clivages, des retouches terminales et marginales, simulant en perfection l'action d'une volonté agissant avec l'idée préconçue de réaliser des types industriels élémentaires, et même, exceptionnellement, des pseudo-morphoses

(1) H. Breuil, *Sur la présence d'éolithes à la base de l'éocène parisien.* L'Anthropologie. Tome XXI, 1910, pp. 385-408.

d'instruments véritablement taillés et non pas seulement d'éolithes.

Cette formation est ancienne, puisque l'eau a circulé dans les fissures et a formé entre les faces éclatées, qui coïncident, des infiltrations minérales, des miroirs d'oxydes et des grains ferrugineux.

Voilà donc un nouveau processus naturel de formation de cailloutis à aspect éolithique, que l'on constate à côté de l'action des eaux sauvages, de l'influence des périodes de crues et du piétinement des bêtes et de l'homme.

L'exploration des éolithes de Belle-Assise a donné lieu à un incident intéressant.

On a soumis ces cailloux à l'examen de M. Rutot et voici les conclusions auxquelles il est arrivé :

« Certains échantillons lui ont paru *porter des traces rudimentaires de taille intentionnelle, quelque chose comme des essais ;* d'autres *sont des rognons où la taille intentionnelle est déjà mieux marquée ;* un autre *a été utilisé comme racloir, dont il a les caractères ;* un autre rognon allongé *porte au sommet des essais de taille, pour en faire un perçoir ou un poignard* ; un autre est *un très joli racloir, très bien utilisé et retouché ;* un autre, *un très joli grattoir, également bien utilisé et retouché...* »

Il n'en pouvait être autrement, l'opinion de M. Rutot étant la même sur les produits de tous les lits de cailloux roulés.

Les silex de Belle-Assise sont donc non seulement accommodés à l'usage, comme de simples éolithes, mais ils sont caractérisés par l'apparition de la taille intentionnelle.

M. Rutot a préparé un mémoire pour le Congrès archéologique de Malines de 1911 (1). Dans ce travail il ne renonce à aucune de ses idées concernant les éolithes, et il essaie de se tirer du mauvais pas dans lequel il s'est glissé par son jugement sur les produits du cailloutis de Belle-Assise.

M. Rutot n'est jamais embarrassé. Il admet les conclusions que M. l'abbé Breuil exprime en ces termes dans le même article de L'Anthropologie :

« On ne peut conclure de la découverte de Belle-Assise, ni qu'il n'a pas existé d'industrie éolithique, ni que la taille intentionnelle n'a pas débuté par des manifestations rudimentaires,

(1) Fédération archéologique et historique de Belgique. XXIIe Congrès. Malines, 1911. *Publication provisoire des Mémoires et Rapports.* 1er fascicule.

mais il paraît établi que, pour déterminer la présence de l'être intelligent, il faut autre chose encore que ces adaptations si fugitives que l'œuvre de la nature et celle de l'homme peuvent facilement être confondues ; il faut ou un degré de netteté de la taille intentionnelle particulièrement claire, ou un ensemble de circonstances qui exclue les causes naturelles, ou démontre, par l'association à des débris de cuisine ou à des foyers, que l'homme a vécu là ! »

Voilà ce qui est net et clair : on admet un silex comme outil, quand la netteté du travail exclut l'influence d'un agent naturel, ou bien quand le silex est recueilli dans un milieu dans lequel la présence de foyers ou de déchets de cuisine atteste la présence d'un être intelligent, qui s'est servi de cet outillage lithique.

M. Rutot croit se baser sur ces deux arguments pour admettre les éolithes.

Voici en quels termes il fait valoir le premier argument, dans le mémoire qu'il a préparé pour le Congrès de Malines :

« Je me déclare profondément impressionné par la netteté de la composition de l'outillage éolithique, non seulement parce qu'il est en tout semblable au résultat de mes expériences directes, mais encore en raison de l'existence d'industries éolithiques à l'époque moderne, au commencement du Néolithique pour l'Europe et il y a 60 ans à peine pour la Tasmanie. »

Le raisonnement de M. Rutot ne tient pas. Il prend un éolithe en main et il dit : voyez comment il a été accommodé à l'usage. Mais la netteté de cette composition n'exclut pas l'intervention d'un agent naturel, puisqu'on peut recueillir des cailloux identiques qui ont été façonnés ainsi par la nature. On signale tous les jours des éolithes ; on vient d'en découvrir encore dans les alluvions pliocènes de la rivière souterraine de Padirac (Lot) ; les silex, d'origine jurassique, se présentent, soit sous la forme de cailloux roulés, soit sous la forme de cailloux éclatés, anguleux, très patinés. Ces cailloux, souvent retouchés, reproduisent exactement les caractères des principales variétés d'éolithes (1). Les éolithes fourmillent dans tous les cailloutis tertiaires et ils se confondent avec eux. Les éolithiques, s'ils ont jamais existé, les ont semés autour d'eux, dans un ordre parfait et avec une régularité déconcertante.

M. Rutot a recours aussi au second argument :

« Je suis également impressionné par la découverte récente de

(1) L'Anthropologie. Tome XXII, 1911, p. 306.

la fameuse mâchoire de Mauer, que, comme géologue, je place à une époque où certainement la taille intentionnelle, caractère du Paléolithique et du Néolithique, n'était pas inventée et où, par contre, nous connaissons une industrie de type purement éolithique que j'ai dénommée Mafflien.

» Mais ce n'est pas tout ; je suis aussi vivement influencé par les résultats des études des paléontologues, des zoologistes, des embryogénistes, qui, de plus en plus, viennent s'accorder sur des points de haute importance. »

C'est raisonner à côté de la question.

Pour que les éolithes puissent revêtir les caractères d'un outillage employé par des êtres intelligents, il faudrait nous montrer les traces de l'habitat de ces êtres intelligents éparses dans le milieu dans lequel on relève les éolithes, qui jusqu'ici ne font que constituer des cailloutis. Puis ceux que M. Rutot prend pour des éolithiques, ne sont que le produit des hypothèses et des rêveries des Haeckel et des Klaatsch : ce n'est pas à coup d'hypothèses que l'on doit constituer l'arbre généalogique de l'humanité, mais à l'aide de découvertes tangibles et de faits avérés.

Programme ethnographique. — Nous rencontrons, dans les Annales de la Société d'Anthropologie de Vienne, un programme de recherches ethnographiques, que nous sommes heureux de communiquer à nos lecteurs (1) ; il peut guider dans leurs investigations ceux que l'ethnographie intéresse. Il part de ce principe que ce qui constitue le caractère distinctif d'un peuple, *das Volkstum*, comporte l'étude de la morphologie corporelle, de l'esprit, de la langue et de l'usage de divers objets. Pour étudier la morphologie corporelle, on tient compte de la taille, de la forme du crâne, de la couleur de la peau, des yeux et des cheveux. Ce qui se rapporte à l'esprit d'un peuple comprend l'examen de la criminalité, du sens artistique, des mœurs et des usages. Pour la langue, on étudie la phonétique, la lexicologie et la syntaxe. Parmi les objets à noter, on relève surtout la forme traditionnelle des habitations rurales, du mobilier et des instruments aratoires, qui diffèrent d'un peuple à l'autre. On devrait, dans les milieux scientifiques, parler un peu

(1) W. Pelsser. *System der Ethno-Geographie.* Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien. XXXX Band, V und VI Heft, 1910, pp. 191-195.

moins de folklore et un peu plus de musées et d'études ethnographiques. Nous possédons notre musée colonial, qui est un beau musée ethnographique ; nous devrions installer, dans la capitale, un musée ethnographique de la Belgique, destiné à abriter divers objets qui, à notre époque de transformation, disparaissent rapidement.

L'Encéphale de l'Homme fossile de la Chapelle-aux-Saints.— M. M. Boule et M. R. Anthony ont soumis à un examen minutieux l'encéphale de l'Homme fossile de la Chapelle-aux-Saints (1). A cette fin, ils ont étudié la surface endocranienne et cette étude s'est présentée dans des conditions particulièrement favorables, à cause de l'excellent état de conservation du crâne, qui a permis d'obtenir un moulage endocranien presque aussi complet et tout aussi net que celui d'un crâne actuel.

A première vue l'encéphale de l'Homme fossile de la Corrèze a paru, comme le crâne, long, large et surbaissé.

D'un travail extrêmement fouillé ont résulté les conclusions suivantes :

« Les caractères morphologiques de l'encéphale de l'Homme fossile de la Chapelle-aux-Saints peuvent être répartis en deux groupes :

» 1° Des caractères humains : volume absolu ; prédominance de l'hémisphère gauche ; présence de deux branches présylviennes et d'un système d'opercules voisin du nôtre ;

» 2° Des caractères simiens ou intermédiaires entre ceux de l'Homme et des Anthropoïdes. Ce sont les plus nombreux : forme générale ; simplicité générale et aspect grossier des circonvolutions ; position et direction des scissures sylvienne et rolandique ; netteté et longueur de la scissure pariéto-occipitale ; réduction des lobes frontaux, surtout dans leur région antérieure ; accentuation du bec encéphalique ; caractère primitif de la troisième frontale, probablement dépourvue de pied ; présence d'un *sulcus lunatus* très développé ; écartement des lobes cérébelleux latéraux et exposition du vermis ; direction de la moëlle allongée...

» Au total, l'encéphale de l'Homme fossile de la Chapelle-aux-Saints est déjà un encéphale humain par l'abondance de sa matière cérébrale. Mais cette matière manque encore de l'organisation supérieure qui caractérise les Hommes actuels. »

(1) Marcellin Boule et Raoul Anthony. *L'Encéphale de l'Homme fossile de la Chapelle-aux-Saints.* L'ANTHROPOLOGIE, 1911, tome XXII, pp. 129-196.

Au sujet des constatations relatives aux divers crânes néanderthaloïdes, découverts en ces derniers temps, il nous paraît opportun de rappeler ce qu'écrivait, en 1869, M. l'Abbé E. Lambert, en rendant compte des premières découvertes effectuées dans le domaine de l'anthropologie préhistorique (1) : « Nous lisons dans la Genèse que la malédiction divine, au moment de la chute originelle, pesa également sur l'intelligence et sur le corps de l'homme. La dégradation morale, comme la dégradation physique, fut nécessairement l'expiation de la faute de notre premier père... Il ne faut donc pas espérer de retrouver des traces de l'homme, tel qu'il dut sortir des mains du Créateur, brillant de grâce et d'intelligence... Si la science découvre des traces de l'homme primitif, ce ne seront que des restes dégradés...

» L'état d'infériorité de l'homme primitif, loin de détruire la révélation faite à Moïse, servirait au contraire à la confirmer. En effet, en montrant par les restes de l'industrie préhistorique que l'homme était dans un état de civilisation inférieure et primitive, la science ne confirme-t-elle pas la réalité de la malédiction divine écrite au livre de la Genèse ?... »

Station moustérienne dans l'Eifel. — Au cours de cette année, M. Radermacher, président de la Société d'Anthropologie de Cologne, vient de découvrir plusieurs niveaux ossifères dans la grotte de Kartstein, située à Eiserfey, près de Mechernich dans l'Eifel. Parmi ces étages, séparés par des couches stériles, qui vont de l'Acheuléen à l'époque romaine, le plus important appartient au Moustérien et a fourni un outillage semblable à celui de la station moustérienne de La Quina, consistant en os utilisés et en pointes, racloirs et perçoirs en silex. La faune est celle du mammouth avec ossements d'*Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus* et *Cervus elaphus*. La découverte de cette station donne une grande importance au crâne de Néanderthal, parce qu'elle nous fait connaître l'habitat des représentants de l'âge du mammouth dans le bassin du Rhin.

Bâtons de Commandement. — Les vitrines de la Salle des cavernes du Musée d'Histoire naturelle de Bruxelles abritent deux bâtons percés en bois de renne, de l'époque magdalénienne. Ils sont ornés de dessins et connus sous le nom de bâtons de

(1) E. Lambert. *L'Homme primitif et la Bible*. Paris 1869. Extrait de la Revue Moderne.

commandement. M. Dupont leur a donné le nom de bâtons magiques. M. G. Chauvet vient de constater que presque tous les bâtons percés en bois de renne, de même que ceux que l'on peut voir à Bruxelles, sont cassés par suite d'un usage prolongé nécessitant de grands efforts indiqués par l'usure des surfaces (1). M. Schötensack considérait ces bâtons comme des fibules destinées à nouer le manteau sur la poitrine. C'est à cause de l'usure des surfaces que M. M. Boule a toujours enseigné que les bâtons dits de commandement, avaient dû servir surtout de pièces d'attelage ou de harnachement.

Fonds de cabanes de la Hesbaye. — Les fouilles les plus récentes effectuées par M. M. De Puydt et ses collaborateurs, ont précisé la position de trois nouveaux groupes de fonds de cabanes : ce sont ceux de Jeneffe, de Dommartin et d'Oudoumont. Ces recherches ont considérablement enrichi les matériaux archéologiques du Musée de Liége, surtout en ce qui concerne la céramique recueillie à Jeneffe (2).

Elles ont, de plus, permis plusieurs constatations nouvelles et très intéressantes, qui marqueront parmi les découvertes préhistoriques faites en Belgique :

Dessin sur la croûte d'un silex.

Incrustation d'une matière rouge dans l'ornementation des poteries.

Masses de grains néolithiques : on a pu déterminer la liste complète des froments cultivés en Belgique à l'époque néolithique : ce sont le *Triticum dicoccum*, le *T. monococcum* et le *T. vulgare*.

Décors sur des poteries néolithiques de Jeneffe, formés d'empreintes textiles : ouvrages de vannerie, paniers ou nattes.

Ornementation, sur une poterie néolithique de Jeneffe, obtenue au moyen de l'empreinte d'une étoffe tissée.

J. Claerhout.

(1) L'Anthropologie, 1911, tome XXII, p. 316.

(2) M. De Puydt, J. Hamal-Nandrin et J. Servais. *Fonds de Cabanes de la Hesbaye. Jeneffe. Dommartin. Oudoumont.* Extrait des Mémoires de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, tome XXIX, 1910.

TABLE DES MATIÈRES

DU

VINGTIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXX DE LA COLLECTION

Livraison de Juillet 1911

LA PSYCHOLOGIE DU SPÉCIALISTE, par le **R. P. De Munnynck, O. P.** 5

LA FERTILISATION DES ROCHERS, DES GARIGUES ET DES MARAIS EN ITALIE ET EN PROVENCE, par **M. A. Proost** . . . 39

SUR LES QUATRE PROPRIÉTÉS PROVIDENTIELLES DE L'EAU, par **M. G. Van der Mensbrugghe.** 90

LES INDICES DES PROGRÈS DE LA BELGIQUE, DE 1880 A 1908 (suite et fin), par **M. A. Julin** 109

ESQUISSE D'UNE ÉDUCATION DE L'ATTENTION, par **M. J. J. Van Biervliet** 151

L'HINTERLAND NORD DU PORT DE BEIRA, COMMUNICATION PAR CHEMIN DE FER AVEC LES LACS NYASSA ET TANGANIKA, par **M. Ch. Morisseaux** 200

PARIS PORT DE MER, par **M. G. Blondel.** 219

VARIÉTÉS. — I. *L'état actuel de la Théorie des Marées d'après H. Poincaré,* par **M. O.** 238

II. *Une nouvelle contribution de la Caisse d'assurances aux assurances populaires*, par **M. C. Beaujean** . 254

BIBLIOGRAPHIE. — I. Calcul numérique, par R. de Montessus et R. d'Adhémar ; Calcul mécanique, par L. Jacob, **Ph. du P.** 269

II. Spezielle ebene Kurven, von Dr H. Wieleitner, **H. Bosmans, S. J.** 281

III. Taschenbuch für Mathematiker und Physiker, von F. Auerbach und R. Rothe, **P. M.** 277
IV. Ueber die Theorie des Kreisels, par F. Klein et A. Sommerfeld, **H. Janne**. 280
V. Astronomie Cambodgienne, par F. G. Faraut, **H. Bosmans, S. J.** 281
VI. Quelques heures dans le ciel, par l'abbé Th. Moreux, **Ch. de Kirwan**. 284
VII. Précis d'Optique, par Marcel Boll, **N. N.** 288
VIII. Précis de télégraphie sans fil, par J. Zenneck, traduit de l'allemand par P. Blanchin, G. Guérard et É. Picot, **N. N.** 292
IX. La Théorie corpusculaire de l'Électricité, par P. Drumaux, **N. N.** 294
X. Traité de chimie générale, par W. Nernst, traduit de l'allemand par A. Corvisy, **N. N.** 295
XI. Ponts en maçonnerie, par A. Auric, **P. C. M.** . 300
XII. Technique de l'aéroplane, par J. Raibaud, **Ph. du P.** 304
XIII. La navigation sous-marine, par C. Radiguer, **G. M.** 309
XIV. Formulaire du graissage industriel, par J. Fritsch, **J. Pieraerts** 312
XV. Die Indogermanen, par O. Schrader, **J. Mansion.** 314
XVI. Das moderne Belgien, von G. Siösteen, **F. Van Ortroy** 316
XVII. La défense forestière et pastorale, par P. Descombes ; — La question forestière en France, par L. Morel ; — Le jardinage forestier, par A. Rousset, **C. de Kirwan** 321

Revue des Recueils périodiques.

Histoire des mathématiques, par **le R. P. H. Bosmans, S. J.** 330
Sciences économiques, par **M. C. Beaujean** . . . 342
Sciences médicales, par **M. le Dr Jos. Boine** . . . 349

Livraison d'Octobre 1911

Les recherches de Mendel et des Mendelistes sur l'hérédité, par **V. Grégoire**. 353
Le Commerce Belge au Katanga, par **M. F. Goffart** . . 391
Esquisse d'une éducation de l'attention (suite et fin), par **M. J. J. Van Biervliet** 408
Les idées d'un vieux pasteur sur l'enseignement des sciences naturelles, par **M. le Dr H. Lebrun**. . . 439
Aéroplanes et sous-marins vivants, par **M. A. Proost** . 458
Les explosions de poussières de houille, par **M. Armand Renier**. 468
La quotité de vie d'une nation, comme index unique de sa situation économique et morale, par **M. Paul Mansion**. 509
Le langage. Ses anomalies anatomo-physiologiques d'origine encéphalique, par le **R. P. L. Boule, S. J.** . . 525

Variétés. — I. *A propos d'une histoire des mathématiques* (suite), par le **R. P. B. Lefebvre, S. J.** 572
II. *La Spectrochimie*, par **M. G. Urbain**. . . . 586

Bibliographie. — I. Leonhardi Euleri Opera omnia sub auspiciis Societatis scientiarum naturalium Helveticae edenda curaverunt Ferdinand Rudio, Adolf Krazer, Paul Stäckel. Series prima. Opera mathematica. Volumen I, **H. Bosmans, S. J.** . . . 604
II. Ueber das letzte Fermatsche Theorem, von Benno Lind, **H. Bosmans, S. J.** 611
III. Jacobi de Billy Doctrinae analyticae inventum novum, Fermats an Billy entnommen. Herausgegeben und übersetzt von Paul von Schaewen, **H. B.** 613
IV. Leçons sur le prolongement analytique, par L. Zoretti, **M. O.** 614
V. Systèmes cinématiques, par L. Crelier, **M. O.** . 617
VI. Walter Ritz. Gesammelte Werke. Œuvres publiées par la Société Suisse de Physique, **N. N.** . . . 619
VII. L'Astronomie. Évolution des idées et des méthodes, par G. Bigourdan, **H. B.** 625

VIII. Petit traité d'Astronomie pratique, par le Cᵗ Ch. Henrionnet, **E. O.** 621
IX. Université de Gand. Annuaire météorologique de la Station de Géographie mathématique, publié par L. N. Vandevyver, **J T.** 627
X. Où sommes-nous ? par l'abbé Moreux, **Ch. de Kirwan.** 628
XI. L'assaut du Pôle Sud, par l'abbé Moreux, **Ch. de Kirwan.** 635
XII. Œuvres choisies d'Émile Cheysson, tome I, **G. Lechalas** 635
XIII. Esquisse d'une philosophie des Sciences, par W. Ostwald, **G. Lechalas** 643
XIV. Parerga et Paralipomena. Philosophie et science de la nature, par Arthur Schopenhauer, traduction par Auguste Dietrich, **G Lechalas** . . . 646
XV. La volonté, par le Dʳ Georges Surbled, **Ch. de Kirwan** 651
XVI. Brazilië. Cultures, ontwikkeling en vooruitgang, par G. Elink Schuurman, **É. D. W.** 653
XVII. L'évolution industrielle de la Belgique, par G. Lewinski, **V. F.** 655
XVIII. Les abonnements d'ouvriers sur les lignes de chemin de fer belges et leurs effets sociaux, par Ernest Mahaim, **V. F.** 656
XIX. L'idée de Dieu dans les sciences contemporaines. Le Firmament, l'atome, le monde végétal, par les Dʳˢ L. et P. Murat, **L. R.** 657
XX. L'expérience mystique et l'activité subconsciente, par Jules Pacheu, **J. Maréchal, S. J.** . . . 659
XXI. L'apostolato del P. Matteo Ricci D. C. D. G. in Cina secondo i suoi scritti inediti, par le R. P. Tacchi Venturi, S. J., **H. Bosmans, S J.** 661

Revue des Recueils périodiques.
Biologie 662
Géographie, par **M. F. Van Ortroy** 672
Ethnographie, par **M. J. Claerhout** 694

Impr. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60, Louvain.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XX — 20 JUILLET 1911

(TRENTE-CINQUIÈME ANNÉE ; TOME LXX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1911

LIVRAISON DE JUILLET 1911

I. — LA PSYCHOLOGIE DU SPÉCIALISTE, par le **R. P. De Munnynck, O. P.**, p. 5.

II. — LA FERTILISATION DES ROCHERS, DES GARIGUES ET DES MARAIS EN ITALIE ET EN PROVENCE, par **M. A. Proost,** p. 39.

III. — SUR LES QUATRE PROPRIÉTÉS PROVIDENTIELLES DE L'EAU, par **M. G. Van der Mensbrugghe,** p. 90.

IV. — LES INDICES DES PROGRÈS ÉCONOMIQUES DE LA BELGIQUE DE 1880 A 1908, (suite et fin), par **M. A. Julin,** p. 109.

V. — ESQUISSE D'UNE ÉDUCATION DE L'ATTENTION, par **M. J. J. Van Biervliet,** p. 151.

VI. — L'HINTERLAND NORD DU PORT DE BEIRA, COMMUNICATION PAR CHEMIN DE FER AVEC LES LACS NYASSA ET TANGANIKA, par **M. Ch. Morisseaux,** p. 200.

VII. — PARIS PORT DE MER, par **M. G. Blondel,** p. 219.

VIII. — VARIÉTÉS. — I. *L'état actuel de la Théorie des Marées d'après H. Poincaré*, par **M. O.**, p. 238. — II. *Une nouvelle contribution de la Caisse d'Assurances aux assurances populaires*, par **M. C. Beaujean**, p. 254.

IX. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Calcul numérique, par R. de Montessus et R. d'Adhémar; — Calcul mécanique, par L. Jacob, **Ph. du P.**, p. 269.— II. — Spezielle Ebene Kurven, von Dr H. Wieleitner, **H Bosmans, S. J.**, p. 275. — III. Taschenbuch für Mathematiker und Physiker, von F. Auerbach und R. Rothe, **P. M.**, p. 277. — IV. Ueber die Theorie des Kreisels, par F. Klein et A. Sommerfeld, **H. Janne**, p. 280. — V. Astronomie Cambodgienne, par F. G. Faraut, **H. Bosmans, S. J.**, p. 281.— VI. Quelques heures dans le ciel, par l'abbé Th. Moreux, **C. de Kirwan**, p. 284. — VII. Précis d'optique, par Marcel Boll, **N. N.**, p. 288. — VIII. Précis de télégraphie sans fil, par J. Zenneck, traduit de l'allemand par P. Blanchin, G. Guérard et É. Picot, **N. N.**, p. 292. — IX. La Théorie corpusculaire de l'électricité, par P. Drumaux, **N. N.**, p. 294. — X. Traité de Chimie Générale, par W. Nernst, traduit de l'allemand par A. Corvisy, **N. N.**, p. 295. — XI. Ponts en maçonnerie, par A. Auric, **P. C. M.**, p. 300. — XII. Technique de l'Aéroplane, par J. Raibaud, **Ph. du P.**, p. 304. — XIII. La navigation sous-marine, par C. Radiguer, **G. M.**, p. 309. — XIV. Formulaire du Graissage industriel, par J. Fritsch, **J. Pieraerts**, p. 312. — XV. O. Schrader. Die Indogermanen, **Joseph Mansion**, p. 314. — XVI. Das moderne Belgien, von G. Siösteen, **F. Van Ortroy**, p. 316. — XVIII. La défense forestière et pastorale, par P. Descombes; — La question forestière en France, par L. Morel; — Le jardinage forestier, par A. Rousset, **C. de Kirwan,** p. 321.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Histoire des Mathématiques, par **H. Bosmans, S. J.**, p. 330. — Sciences économiques, par **C. Beaujean**, p. 342. — Sciences médicales, par le Dr **J. Boine**, p. 349.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXIV, 1875 à 1910. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr. ; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J. ; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** % ; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XX — 20 OCTOBRE 1911

(TRENTE-CINQUIÈME ANNÉE ; TOME LXX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1911

LIVRAISON D'OCTOBRE 1911

I. — LES RECHERCHES DE MENDEL ET DES MENDELISTES SUR L'HÉRÉDITÉ, par **M. V. Grégoire,** p. 353.

II. — LE COMMERCE BELGE AU KATANGA, par **M. F. Goffart,** p. 391.

III. — ESQUISSE D'UNE ÉDUCATION DE L'ATTENTION *(suite et fin)*, par **M. J. J. Van Biervliet,** p. 408.

IV. — LES IDÉES D'UN VIEUX PASTEUR SUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES NATURELLES, par **M. le Dr H. Lebrun,** p. 439.

V. — AÉROPLANES ET SOUS-MARINS VIVANTS, par **M. A. Proost,** p. 458.

VI. — LES EXPLOSIONS DE POUSSIÈRES DE HOUILLE, par **M. Armand Renier,** p. 468.

VII. — LA QUOTITÉ DE VIE D'UNE NATION, COMME INDEX UNIQUE DE SA SITUATION ÉCONOMIQUE ET MORALE, par **M. Paul Mansion,** p. 509.

VIII. — LE LANGAGE. SES ANOMALIES ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES D'ORIGINE ENCÉPHALIQUE, par le **R. P. L. Boule, S. J** , p. 525.

IX. — VARIÉTÉS. — I. *A propos d'une Histoire des mathématiques* (suite), par le **R. P. B Lefebvre, S. J.**, p. 572. — II. *La Spectrochimie*, p. 586.

X. BIBLIOGRAPHIE. — I. Leonhardi Euleri Opera omnia sub auspiciis Societatis scientiarum naturalium Helveticae edenda curaverunt Ferdinand Rudio, Adolf Krazer, Paul Stäckel. Series prima. Opera mathematica. Volumen I, **H Bosmans, S. J.**, p. 604 — II. Ueber das letzte Fermatsche Theorem, von Benno Lind, **H. Bosmans, S. J.**, p. 611. — III. Jacobi de Billy Doctrinae analyticae inventum novum, Fermats an Billy entnommen. Herausgegeben und übersetzt von Paul von Schaewen, **H. B.**, p. 613. — IV. Leçons sur le prolongement analytique, par L. Zoretti, **M. O.**, p. 614. — V. Systèmes cinématiques, par L. Crelier, **M. O.** p. 617. — VI. Walter Ritz. Gesammelte Werke. Œuvres publiées par la Société Suisse de Physique, **N. N.**, p. 619. — VII. L'Astronomie. Évolution des idées et des méthodes, par G. Bigourdan, **H. B.** p. 625. — VIII. Petit traité d'Astronomie pratique, par le Cte Ch. Henrionnet, **E. O.**, p. 626. — IX. Université de Gand. Annuaire météorologique de la Station de Géographie mathématique, publié par L. N. Vandevyver, **J. T.**, p. 627. — X. Où sommes-nous ? par l'abbé Moreux, **Ch de Kirwan**, p. 628.— XI. L'assaut du Pôle Sud, par l'abbé Moreux, **Ch. de Kirwan,** p. 635. — XII. Œuvres choisies d'Émile Cheysson, t. I, **G. Lechalas,** p. 635. — XIII. Esquisse d'une philosophie des Sciences, par W. Ostwald, **G Lechalas**, p. 643. — XIV. Parerga et Paralipomena. Philosophie et science de la nature, par Arthur Schopenhauer, traduction par Auguste Dietrich, **G. Lechalas**, p. 646. — XV. La Volonté, par le Dr Georges Surbled, **Ch. de Kirwan**, p, 651. — XVI. Brazilië. Cultures, ontwikkeling en vooruitgang, par G. Elink Schuurman, **E. D. W.**, p. 653. — XVII. L'évolution industrielle de la Belgique, par G. Lewinski, **V. F.**, p. 655. — XVIII. Les abonnements d'ouvriers sur les lignes de chemin de fer belges et leurs effets sociaux, par Ernest Mahaim, **V. F.**, p. 656. — XIX. L'idée de Dieu dans les sciences contemporaines. Le Firmament, l'atome, le monde végétal, par les Drs L. et P. Murat, **L. R.**, p. 657. — XX. L'expérience mystique et l'activité subconsciente, par Jules Pacheu, **J. Maréchal**, **S. J.**, p. 659. — XXI. L'apostolato del P. Matteo Ricci D. C. D. G. in Cina secondo i suoi scritti inediti, par le R. P. Tacchi Venturi, S. J., **H. Bosmans, S. J.**, p. 661.

XI. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.— Biologie, p. 662.— Géographie, par **M. F. Van Ortroy**, p. 672. — Ethnographie, par **M. J. Claerhout**, p. 694.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XtX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** % ; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

ntifiques
1911

Bruxelles
22-88521

ollege

JUL 21 19

AMNH LIBRARY
100226270